CONTRIBUTION A L'ÉTUDE CYTO-TAXINOMIQUE DES MALPIGHIACÉES

par Michelle Fouet [1]

RÉSUMÉ : Sur les onze nombres chromosomiques qui ont été déterminés, six sont nouveaux, et deux confirment des résultats déjà établis par d'autres auteurs. Chacun des sept genres examinés a pu être caractérisé par un type de structure nucléaire remarquable. Les espèces étudiées, appartenant à quatre des tribus (deux dans chaque sous-famille) reconnues par NIEDENZU, constituent un assez bon échantillonnage, et permettent de montrer qu'il existe une unité de la famille sur le plan de la caryologie. Deux schémas évolutifs parallèles peuvent être proposés comme hypothèse de travail; l'un repose sur une évolution probable des structures nucléaires, l'autre sur une étude des nombres chromosomiques de base. Aucun d'eux n'est en contradiction avec les systèmes taxinomiques proposés, soit par les morphologistes, soit par les biogéographes. L'existence de chromosomes ayant des dimensions exceptionnelles chez des Dicotylédones arborescentes, liée à des structures nucléaires comparables à celles des Gymnospermes, suggère que la famille doit avoir une origine très ancienne.

*
* *

La famille des Malpighiacées réunit environ un millier d'espèces, appartenant à une soixantaine de genres, réparties dans une aire circumterrestre discontinue s'étendant sur le Nouveau et sur l'Ancien Continent à l'exclusion de l'Europe (Pl. 1, carte nº 1). Elle tient une place importante dans la végétation intertropicale, car les Malpighiacées sont avant tout des plantes des régions chaudes du globe, montrant une grande tolérance à l'égard des facteurs écologiques. Elles sont toujours des plantes ligneuses, très souvent des lianes (plus de 500 espèces), mais aussi des arbres ou arbustes non lianoïdes, plus rarement des arbrisseaux. Les caractères de leurs fruits, très variables, apportent de précieux éléments de comparaison et permettent à NIEDENZU (1928) de répartir les soixante genres de la famille entre deux sous-familles. L'une, à fruits ailés (samares), les Ptérygophorées, est distribuée dans la totalité de l'aire, mais sur les 41 genres qui la composent, 25 sont exclusivement américains. L'autre à fruits aptères (drupes), les Aptérygiées, est spéciale au Nouveau Monde.

Dès 1843, A. de JUSSIEU, estime que « le Brésil paraît être la véritable patrie des Malpighiacées tant elles se font remarquer, par leur nombre et leur variété, sur ce point de la terre plus que sur tout autre ».

1. Laboratoire de Biologie Végétale Appliquée du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France.

D'après J. ARÈNES, l'origine américaine des Malpighiacées se trouve confirmée lorsqu'on se place au point de vue paléobotanique. En effet, cet auteur suggère que le « peuplement en Malpighiacées des régions tropicales et subtropicales, où elles sont actuellement répandues, s'est effectué à partir d'un centre de dispersion primitif correspondant à l'Amérique tropicale, par des lignées africano-brésiliennes ». Ce même auteur admet que les souches angiospermes des Malpighiacées actuelles remontent au Crétacé, Eocrétacé ou Mésocrétacé. Il pense « qu'elles ont engendré, dès le Secondaire, des séries phylétiques qui se sont développées en rameaux nombreux auxquels on doit la multiplicité et la diversité des races peuplant aujourd'hui l'Amérique du Sud ». Ainsi certaines de ces séries se seraient répandues en Amérique Centrale et en Amérique du Nord, d'autre probablement en Afrique, dès le Crétacé supérieur; certaines auraient pu atteindre l'Europe dès l'Eonummulitique, mais elles y auraient complètement disparu à la fin du Pliocène. Le continent africain aurait joué le rôle d'un centre de dispersion secondaire, les migrations auraient progressé vers l'Arabie, Madagascar, l'Inde, l'Indo-Malaisie et l'Australie.

Que l'on accepte ou non les vues d'ARÈNES, qui imagine l'existence de courants migrateurs sur une « Gondwanie », actuellement considérée par beaucoup d'auteurs comme très hypothétique, et quels que soient les chemins qu'elles ont suivis, les migrations initiales des Malpighiacées, dont dépend pour une large part leur distribution moderne, sont prétertiaires. Parmi les Angiospermes, cette famille apparaît comme un élément très ancien de la Flore tropicale.

∴

Le nombre des genres et des espèces de cette famille est donc considérable, or les travaux caryologiques concernant les Malpighiacées sont fort peu nombreux : vingt espèces seulement ont fait l'objet d'un dénombrement chromosomique. A notre connaissance, aucun auteur n'a décrit à ce jour la structure nucléaire et les différentes phases de la mitose.

BALDWIN, en 1946, détermine chez le *Banisteria caapi*, le nombre diploïde $2n = 20$, et note que les chromosomes possèdent des constrictions médianes ou sub-médianes. RILEY et HOFF, en 1961, proposent $2n = 20$ chez le *Triaspis Nelsonii*. Au cours du Colloque sur la Caryosystématique et la Taxinomie expérimentale tenu à Paris en 1962, S. et G. MANGENOT présentent les dénombrements qu'ils ont effectués chez 4 espèces appartenant à la sous-famille des Ptérygophorées :

Triaspis odorata, $2n = 20$; *Acridocarpus longifolius*, $2n = 18$; *A. smeathmannii*, $2n = 18$ et *Heteropterys leona*, $2n = 20$. Ils proposent comme nombres de base : $x = 9$ et $x = 10$. Considérant les Malpighiacées comme des « taxa réfractaires à la polyploïdie » et soulignant l'origine très ancienne de cette famille, ils admettent que $x = 9$ et $x = 10$ sont des nombres de base « originels ».

La même année, NANDA estime que $2n = 24$ chez le *Thryallis glauca*, $2n = 20$ chez les *Malpighia cubensis* et *Byrsonima crassifolia*, tandis

que GAJAPATHY indique $2n = 20$ chez le *Malpighia coccigera.* En 1963, RAMAN et KESAVAN ont publié les nombres suivants $2n = 18$, $2n = 20$, $2n = 24$, déterminés respectivement chez les *Tristellateia australis*, *Malpighia punicifolia*, *Galphimia nitida*. Enfin PAL, en 1964, se contente de donner sans aucun commentaire les nombres haploïdes des *Hiptage madablota* ($n = 29$), *Banisteria laevifolia* ($n = 20$) *Stigmaphyllon ciliatum*, *S. lacunosum*, *S. periplocaefolium* ($n = 10$), *Thryallis glauca* ($n = 12$), *Malpighia coccigera* ($n = 10$) et *M. glabra* ($n = 20$).

Ces différents auteurs n'ont donc fait que des dénombrements chromosomiques. C'est pourquoi il nous a paru utile d'entreprendre l'étude des différents types de noyaux rencontrés dans cette famille, ainsi que l'étude du déroulement des divers cycles mitotiques. De plus nous avons pensé qu'il serait intéressant de préciser s'il existait un rapport entre la position systématique des espèces et la structure de leurs noyaux, le nombre et l'aspect de leurs chromosomes, d'autant plus que la position systématique des Malpighiacées paraît avoir soulevé de nombreux problèmes. Il nous semble bon de signaler que, quel que soit le rang que leur attribuent les différents auteurs, ces plantes demeurent toujours isolées, quelque peu à l'écart, qu'ils les placent parmi les Géraniales ou les Rutales; HUTCHINSON estime même nécessaire de créer pour elles un ordre des Malpighiales.

TECHNIQUES

Nous avons utilisé des méristèmes radiculaires et des boutons floraux prélevés sur des plantes cultivées dans les serres du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris).

Les fixateurs employés furent le liquide de NAVASCHIN modifié par KARPECHENKO, ainsi que le liquide de HELLY.

Après déshydratation et inclusion dans la paraffine suivant les méthodes classiques, les méristèmes et les boutons floraux ont été coupés à 6 μ. Les colorations ont été réalisées selon la méthode de FEULGEN, complétée par une post-coloration au Vert Lumière.

Cependant, chez les espèces où les dénombrements chromosomiques se sont révélés difficiles, en raison du pelotonnement des chromosomes dans plusieurs plans superposés, nous avons préféré avoir recours à la technique de WARMKE, (*St. Tech.*, 1941, **16** : 9-12) qui permet de mettre les chromosomes dans un même plan lors de la métaphase. Mais, en raison de la grande fragilité des méristèmes, il nous a paru souhaitable de limiter le temps d'hydrolyse à 25 ou 30 minutes, ce qui est plus favorable à l'étalement des chromosomes dans un même plan au cours de l'écrasement ménagé des coupes.

La technique des frottis, précédée d'un Feulgen *in toto*, a donné des résultats toujours décevants. Si elle permet l'isolement des cellules, elle ne favorise pas pour autant l'étalement correct des chromosomes dans le plan équatorial; elle nous est apparue beaucoup trop brutale, aboutissant à des fragmentations des longs chromosomes caractéristiques des Malpi-

ghiacées, par coupure en leurs points de moindre résistance, parfois même à des dissociations des chromatides.

RECHERCHES PERSONNELLES

Nous exposerons les résultats de nos observations caryologiques en ne suivant pas un ordre taxinomique défini, fondé sur les seuls caractères morphologiques, mais en nous appuyant sur les différents types nucléaires qu'il est possible de reconnaître d'après ceux définis par Cécile Delay (1946-1948), c'est-à-dire en tenant compte à la fois de l'absence ou de la présence d'un réseau chromatique et de chromocentres, qui paraissent d'ailleurs, n'avoir pas tous la même valeur. Par contre, les dessins illustrant nos recherches sont groupés par affinité systématique pour permettre une éventuelle comparaison.

Pour définir ces types nucléaires nous choisirons le noyau interphasique; le noyau quiescent, qui ne se divisera normalement plus, paraît en effet moins caractéristique, remarque que nous essaierons de préciser.

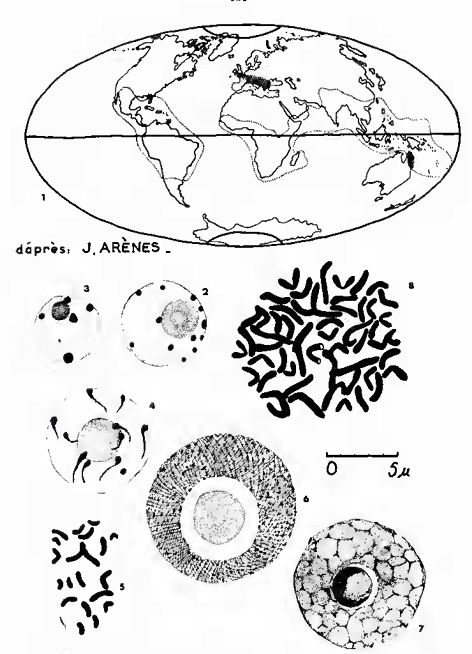
I. NOYAUX ARÉTICULÉS

1° A CHROMOCENTRES MONOVALENTS : Aspidopterys nutans.

1. Noyau interphasique (Pl. 1, fig. 2)

D'un diamètre égal généralement à 5 μ, les noyaux interphasiques observés dans la zone méristématique sont de petite taille; ils présentent un nucléode relativement volumineux atteignant 2,7 à 3 μ qui montre une zone subcentrale plus claire très réfringente, sorte de point brillant. La faible coloration de ce noyau est frappante, le fond nucléaire apparaît totalement incolore, optiquement vide, à l'exception peut-être d'une infime zone très légèrement rosée qui longe et souligne la membrane nucléaire. Cette faible chromaticité d'ensemble doit être due à l'absence de tout filament, car aucun réseau n'est observable. La légère ombre rose en bordure de la membrane nucléaire ne semble pas devoir être attribuée à un réticulum, aussi restreint soit-il; nous l'interprèterons plutôt comme une figure de coagulation de l'enchylème, puisque l'ensemble du caryoplasme se montre homogène.

Petites, mesurant 0,3 μ, très colorables et bien localisées, des granulations ovoïdes ou sphériques, compactes et à contours bien délimités, tranchent sur cet ensemble pâle et grisâtre : ce sont des chromocentres. On en remarque une douzaine en général, appliqués contre la membrane nucléaire ou au voisinage de celle-ci, parfois près du nucléode, quelquefois dans la cavité nucléaire. Leur nombre paraît être inférieur à celui des chromosomes comptés en métaphase, cependant certains d'entre eux ont pu être éliminés lors de la réalisation des coupes.



Pl. 1. — **1**, Répartition mondiale des Malpighiacées vivantes et fossiles. — *Aspidopterys nutans:* **2**, noyau interphasique; **3**, noyau quiescent; **4**, début de prophase; **5**, métaphase $2n = 20$. — *Hiptage Madablota:* **6**, noyau interphasique; **7**, noyau quiescent; **8**, métaphase $2n = 54$.

2. Noyau quiescent (Pl. 1, fig. 3)

De même aspect, il est plus petit ; son diamètre est de 4,5 μ. Le nucléole est moins volumineux, atteignant environ 1 μ et ne montre plus de point central brillant. Le caryoplasme reste clair, mais présente une teinte rosée plus uniforme ; l'ombre rose pâle, localisée sur le pourtour du noyau, paraît avoir envahi la caryolymphe tout en atténuant encore sa coloration pourtant déjà fort terne. On ne peut plus compter que 5 ou 6 chromocentres mais ils sont relativement plus gros, mesurant jusqu'à 0,6μ. Peut-être y a -t-il eu fusion de chromocentres entre eux. Leur forme est toujours ovoïde, sphérique, leur chromaticité intense.

L'organisation nucléaire de cette espèce permet de dire que nous avons là des noyaux à chromocentres simples ou monovalents.

3. Prophase (Pl. 1, fig. 4)

Le début de ce stade est marqué par un gonflement du noyau, tandis que la zone rose pâle en bordure de la membrane pâlit, se décolore et disparaît ; le fond nucléaire devient totalement homogène. Le diamètre du noyau atteint environ 7 μ, le nucléole paraît de même plus grand et uniformément grisé après mise en œuvre de la réaction de Feulgen. Les chromocentres se dilatent aussi et apparaissent comme de gros globules au voisinage de la membrane nucléaire. Ils s'allongent, s'étirent ; leurs contours perdent de leur netteté. C'est le début de la déspiralisation qui nous montre des filaments grêles, courts mais sinueux, très faiblement chromatiques prolongeant les chromocentres.

Ces images sont classiques, dans les noyaux aréticulés. Les chromocentres et leurs prolongements dessinent des figures rappelant des « comètes » qui basculent et se dirigent vers le nucléole, comme si celui-ci exerçait une attraction.

Après ce stade « comète », on assiste à l'individualisation des chromosomes par chromatinisation des prolongements peu colorés. Les chromosomes ont alors une forme arquée, en virgule, ils sont plus longs que ceux observables en métaphase, mais ils restent relativement trapus, ce ne sont jamais de longs rubans qui emplissent l'ensemble de la cavité nucléaire. La membrane nucléaire s'estompe, elle semble disparaître avant le nucléole.

Après un mouvement d'approche, plus accentué encore, vers le nucléole, les futurs chromosomes métaphasiques sont à peu près tous visibles ; nous pourrions presque les dénombrer avec relativement peu d'incertitude. Bien que très proches les uns des autres, ils demeurent cependant très distincts, ils possèdent une forme d'arceau et paraissent groupés dans le voisinage immédiat du nucléole. N'étant plus dispersés dans l'ensemble du noyau, ils occupent un volume plus précis et plus restreint. Aussi, a-t-on plus de chance de les compter tous dans un même noyau, peu d'entre eux devant être éliminés au cours de la réalisation des coupes, remarque que nous n'aurions pu faire jusque-là.

Puis ces chromosomes s'écartent, glissent et, tout en se raccourcissant, s'étalent dans le plan équatorial pour dessiner la plaque métaphasique.

4. Métaphase (Pl. 1, fig. 5)

Vingt petits chromosomes apparaissent largement étalés dans le plan équatorial. Leur longueur n'est pas uniforme mais varie du simple au double, leur épaisseur de 0,3 μ est constante. On remarque au moins trois paires de chromosomes mesurant à peine 1 μ de long, ce sont de courts bâtonnets incurvés; deux autres paires se distinguent nettement, ce sont les chromosomes les plus longs, arqués et mesurant 2 μ. Ceux d'une autre paire possèdent une forme d'accent circonflexe dont chaque branche mesure environ 0,5 μ. Les quatre dernières paires sont formées de bâtonnets trapus atteignant 1,5 à 1,8 μ. Les plaques métaphasiques que dessinent ces chromosomes sont petites et rectangulaires.

5. Anaphase

Il est impossible de compter les chromosomes au cours de l'anaphase, car ils sont beaucoup trop tassés les uns contre les autres. En général les fibrilles du fuseau achromatique sont bien visibles. La montée des chromosomes aux pôles de la cellule s'effectue en deux masses compactes, d'où l'on distingue très bien de longs bras qui émergent (au moins quatre). Ces bras qui se détachent de l'ensemble nous confirment l'existence de grands et de petits chromosomes observés durant la métaphase. Les longs bras doivent appartenir aux chromosomes les plus longs, tandis que les autres groupés ensemble restent étroitement accolés, ne montrant aucune structure discernable.

6. Télophase

Après l'ascension polaire, les chromosomes se contractent, les noyaux sont aplatis, un seul nucléole est visible, la membrane nucléaire se dépose. Les chromosomes se déspiralisent, et ne figurent plus que sous l'aspect de granulations chromatiques à l'origine des futurs chromocentres. Les noyaux s'arrondissent peu à peu, les chromocentres se placent en périphérie contre la membrane.

2° A CHROMOCENTRES MULTIPLES : LES MALPIGHIA.

Les trois espèces de *Malpighia* observées présentent des analogies quant à leur structure nucléaire et quant au déroulement de la mitose. Nous étudierons en détail le *Malpighia glabra*, puis nous indiquerons pour les *M. coccigera* et *M. urens* les différences qu'il convient de signaler.

a) **Malpighia glabra.**

1. Noyau interphasique (Pl. 2, fig. 3)

Sur un fond nucléaire plus ou moins grumeleux, très légèrement rosé après mise en œuvre de la réaction de Feulgen, se remarquent de multiples chromocentres situés dans plusieurs plans superposés. Ces chromocentres, en nombre très supérieur à celui des chromosomes métaphasiques, paraissent indépendants les uns des autres, car aucune struc-

ture filamenteuse appartenant à un réseau, aussi ténu soit-il, n'est décelable.

La forme de ces chromocentres est peu définie, certains sont sphériques, d'autres ovoïdes, parfois même bosselés, leur contour est fréquemment flou, leur taille comprise entre 0,30 µ et 0,45 µ.

Dans ce noyau, présentant une large zone périnucléolaire (4.5 µ à 5,5 µ) optiquement vide, toute la chromatine semble rejetée à la périphérie de celle-ci. En effet, nous constatons une densité plus grande en chromocentres, accumulés sans ordre apparent sur le pourtour de la cavité nucléaire. Toutefois ce n'est peut-être qu'un artéfact dû au fixateur?

Le nucléole est toujours bien visible, il est unique et volumineux (3,6 µ), représentant sensiblement la moitié du volume nucléaire. De temps en temps nous observons un ou deux chromocentres paranucléolaires. Il ne semble pas devoir exister de relation entre le nucléole et ces chromocentres, car, ceux-ci ne montrent pas d'évolution particulière au cours du cycle mitotique. Le grand nombre de chromocentres, l'absence de tout filament chromatique, nous permettent de penser que nous sommes en présence d'une structure aréticulée à chromocentres multiples.

2. Noyau quiescent (Pl. 2, fig. 2)

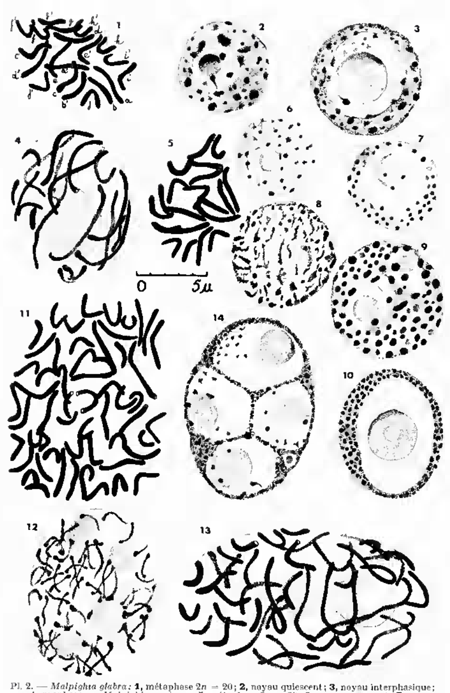
Les noyaux quiescents, observés au niveau de la coiffe, sont plus petits que les noyaux interphasiques (environ 6,5 µ pour 7 µ à 8 µ). Le degré de chromaticité paraît équivalent à celui des noyaux en interphase, la structure nucléaire s'accentue.

Les chromocentres présentent le même aspect, mais ils sont répartis uniformément dans la cavité nucléaire et non plus en périphérie. La zone périnucléolaire est réduite ou absente, le nucléole nettement plus petit (1,8 µ).

3. Prophase (Pl. 2, fig. 4)

Le début de la prophase se caractérise par une dilatation restreinte du noyau, tandis que le fond nucléaire devient franchement granuleux. De nouveaux chromocentres, invisibles jusque là, apparaissent; ils se résolvent en fins granules qui tendent à envahir la cavité nucléaire dans son ensemble. Ces granules se placent les uns à côté des autres; ils semblent confluer pour s'intégrer en minces filaments, tandis que le noyau se dilate. Cette dilatation se poursuit, le fond nucléaire s'éclaircit fortement pour devenir totalement incolore, dans le même temps les grêles filaments se précisent. Ils s'épaississent, paraissent plus chromatiques. Quand la membrane nucléaire s'estompe, le noyau est strié de très longs rubans lâches et flexueux. Le nucléole, dont l'augmentation est proportionnelle à celle du noyau, persiste encore, il ne doit disparaître que tardivement.

A ce stade, les rubans diminuent de longueur, ils se contractent en augmentant d'épaisseur, ils se raccourcissent et se colorent uniformément, ils préfigurent les chromosomes métaphasiques.



Pl. 2. — *Malpighia glabra:* **1**, métaphase $2n = 20$; **2**, noyau quiescent; **3**, noyau interphasique; **4**, prophase. — *Malpighia coccigera:* **5**, métaphase $2n = 20$; **6**, noyau quiescent; **7**, noyau interphasique; **8**, prophase. — *Malpighia urens:* **9**, noyau quiescent; **10**, noyau interphasique; **11**, métaphase $2n = 56$; **12**, début de télophase; **13**, prophase; **14**, télophase.

4. Métaphase (Pl. 2, fig. 1)

En métaphase on peut compter 20 chromosomes largement étalés dans le plan équatorial, disposant donc d'une place suffisante. Ces chromosomes ont des dimensions qui oscillent entre 2,5 μ et 4μ. Ils présentent une forme caractéristique, ce qui nous a conduit à reconnaître :

— les trois paires *a*, *b*, *d*, constituées par des bâtonnets incurvés, d'environ 4 μ, ce sont les plus longs;

— les trois paires *f*, *h*, *j*, remarquables par leurs chromosomes en V dont les bras égaux mesurent 1,5 μ;

— la paire *c* distincte par l'aspect grossièrement en S de ses constituants longs de 3 μ;

— les paires *e* et *i*, aux chromosomes hétérobrachiaux; lorsque leur petit bras est très réduit, ils prennent l'aspect d'un crochet dont la taille dépasse 3 μ;

— la paire *g* groupant 2 bâtonnets qui ne dépassent pas 2,5 μ.

5. Anaphase et Télophase

A l'anaphase, les chromosomes gagnent les pôles en deux masses étalées en éventail.

Les noyaux télophasiques en forme d'olive semblent vacuolisés. On remarque des travées chromatiques courbes disposées dans le sens de la petite largeur, qui alternent avec des plages plus claires, rosâtres. Un ou deux nucléoles sont fréquemment visibles. Les noyaux s'arrondissent, le centre se décolore tandis que les extrémités équatoriales des travées chromatiques se fragmentent en granules fortement colorés.

b) **Malpighia coccigera.**

1. Noyau interphasique (Pl. 2, fig. 7)

Les noyaux interphasiques possèdent une structure identique à celle que nous avons décrite chez le *Malpighia glabra*, mais ils sont légèrement plus petits, ne mesurant que 6 μ de diamètre.

2. Noyau quiescent (Pl. 2, fig. 6)

Les noyaux quiescents présentent quelques différences avec les noyaux interphasiques. Leur taille est petite, elle atteint à peine 5,5 μ. La zone de caryoplasme clair entourant un petit nucléole (1,3 μ), souvent excentrique, est réduite ou absente.

Le degré de chromaticité semble plus faible que celui observé chez le *M. glabra*. De multiples chromocentres occupent cette fois l'ensemble de l'espace nucléaire. Ils sont tous sensiblement de même taille, ovoïdes ou sphériques, mesurant à peine 0,2 μ, donc relativement petits. Ils sont en nombre supérieur à celui des chromosomes que nous observerons lors de la métaphase. Ces chromocentres sont répartis au hasard, ils tranchent nettement par leur coloration plus intense sur le fond nucléaire rosâtre, d'aspect grumeleux, non homogène, qui suggère la présence possible de très fins tractus, reliant peut-être les chromocentres entre eux. Ces fins

tractus se devinent à peine, étant à la limite de la visibilité, peut-être sommes-nous en présence d'un très léger réseau? Toutefois, il ne serait pas impossible que ces pseudotractus ne soient que des figures de coagulation de l'enchylème, dans ce cas nous pourrions définir la structure nucléaire comme une structure aréticulée typique.

3. Prophase (Pl. 2, fig. 8)

Le début de la prophase est remarquable par l'aspect franchement grumeleux qu'acquiert le noyau. Nous constatons une augmentation générale de la chromaticité, une dilatation nucléaire el nucléolaire, tandis que le fond nucléaire devient incolore, sauf à la périphérie contre la membrane estompée où nous remarquons une légère coloration rosée.

L'aspect grumeleux du noyau doit être dû aux chromocentres dont l'évolution est toute particulière. Ils semblent s'aligner les uns à la suite des autres par petits groupes. Leur orientation n'est pas régulièrement linéaire, mais peut-être incurvée. Puis ils se gonflent, se déforment, perdent leur allure de grains, car la chromatine doit se résoudre en grumeaux aux contours assez flous avant de s'étirer en filaments.

4. Métaphase (Pl. 2, fig. 5)

Les plaques équatoriales nous ont permis le dénombrement de 20 chromosomes, ayant une forme plus trapue que celle des chromosomes décrits chez le *M. glabra*, mais ayant une longueur équivalente.

5. Anaphase et Télophase

Ces stades n'offrent rien de particulier.

c) **Malpighia urens.**

Avec le *Malpighia urens* nous arrivons au terme de l'évolution constatée dans le genre *Malpighia.*

1. Noyau interphasique (Pl. 2, fig. 10)

Les noyaux interphasiques sont nettement plus grands que ceux des deux espèces précédentes, ils mesurent de 9 μ à 11 μ; ce sont eux qui possèdent le plus fort degré de chromaticité parmi les *Malpighia.* Le fond nucléaire rosé met en valeur les chromocentres multiples qui apparaissent sous forme de menus granules très chromophiles, très proches les uns des autres, de telle sorte qu'il est impossible de les dénombrer, et qui confèrent au noyau un aspect franchement granuleux. Le nombre des nucléoles est variable, parfois nous en remarquons un seul, volumineux (4 μ), présentant soit plusieurs points brillants, soit une zone centrale claire et réfringente; d'autre fois 2, 3 ou 4 nucléoles sont visibles, mais ils sont de taille plus petite.

2. Noyau quiescent (Pl. 2, fig. 9)

Ils sont remarquables par le nombre et l'aspect de leurs chromocentres qui acquièrent un grand développement. En effet, les chromo-

centres totalement distincts les uns des autres, uniformément colorés, possèdent véritablement une allure de gros grains. Ils sont répartis dans plusieurs plans superposés, certains sont tout à fait sphériques, mesurant 0,5 μ à 0,6 μ, d'autres sont plus allongés, ovales, d'environ 0,9 μ. Bien que coloré, le fond nucléaire possède une apparence homogène, aucune structure filamenteuse ne laisse deviner les mailles d'un réseau.

3. Prophase (Pl. 2, fig. 13)

Dès que le noyau entre en prophase, il gonfle légèrement, les chromocentres s'écartent, envahissent la totalité de la cavité nucléaire, paraissent encore plus nombreux et semblent s'orienter en files de granules. En même temps que s'effectue cette organisation linéaire, ces granules perdent de leur netteté, se déforment, se boursouflent, commencent à se déspiraliser. La dilatation nucléaire se poursuit, la déspiralisation s'accentue faisant apparaître, entre les granules disposés en files, des courts filaments dont la chromaticité augmente et qui montrent sur leur parcours des épaississements irréguliers. Il est fréquent d'observer encore à ce stade plusieurs nucléoles. Ceux-ci paraissent exercer une sorte d'attraction sur les éléments chromatiques qui semblent se diriger vers eux. Seules les extrémités de ces filaments se montrent fortement colorées et se présentent sous la forme de grains très chromatiques. Cette remarque suggère que les chromocentres, placés aux extrémités des files de granules caractéristiques du début de la prophase, se déspiralisent les derniers, tandis que les chromocentres intermédiaires se résolvent plus rapidement en filaments.

Les rubans chromatiques se dessinent plus nettement par déspiralisation complète de leurs extrémités. Ils s'allongent, s'épaississent, leur chromaticité s'accroît uniformément, tandis que le noyau, en continuelle dilatation, montre des images « d'haltère ou de trèfle » de l'appareil nucléolaire. Ces images sont peut-être dues à des phénomènes de confluence nucléolaire. L'élaboration des rubans prophasiques semble longue et délicate, la déspiralisation laborieuse, mais une fois ces rubans chromatiques achevés l'évolution paraît être plus rapide. Quand les noyaux ont à peu près doublé de volume, les chromosomes disposent d'une place suffisante pour dessiner la plaque équatoriale. La membrane nucléaire s'estompe brusquement, mais l'appareil nucléolaire persiste longuement, il n'est pas rare de l'observer encore au début de la métaphase.

4. Métaphase (Pl. 2, fig. 11)

Les plaques équatoriales nous ont permis de dénombrer 56 chromosomes. Légèrement plus grêles que ceux observés chez les *M. glabra* et *M. coccigera*, leur longueur est du même ordre, comprise entre 2 μ pour les plus petits et 4,5 μ pour les plus grands. Ils ont une forme de bâtonnet plus ou moins incurvé, certains celle d'un « V » aux branches plus ou moins ouvertes d'égales dimensions. On en remarque quelques-uns ayant l'aspect d'un crochet.

5. ANAPHASE ET TÉLOPHASE (Pl. 2, fig. 12 et 14)

Les chromosomes gagnent les pôles en deux masses compactes. La membrane nucléaire se reforme, ceinturant un noyau fils elliptique. Plusieurs nucléoles sont visibles. La déchromatinisation s'effectue et produit de multiples grains qui se placent à la périphérie, ou forment des travées qui partagent le noyau en compartiments isolant chacun un nucléole.

Si nous comparons les trois espèces de *Malpighia* observées, plusieurs remarques semblent devoir être soulignées :

La structure nucléaire assez homogène, montre des variations de détail, mais apparente ces trois espèces aux *noyaux aréticulés à multiples chromocentres.*

La présence de chromocentres est en effet constante; leur nombre est toujours très nettement supérieur à celui des chromosomes métaphasiques, bien que leur dénombrement s'avère impossible.

Par ailleurs on remarque une augmentation de la taille des noyaux interphasiques, corrélative d'une augmentation de la chromaticité; accompagnée d'une augmentation parallèle du nombre des chromosomes.

Enfin tandis que le diamètre nucléaire augmente, la taille des chromocentres s'accroît de 0,2 μ à 0,3 μ et à 0,6 μ, parfois même à 0,9 μ.

II. NOYAUX SEMI-RÉTICULÉS

1° A CHROMOCENTRES SIMPLES : Byrsonima crassifolia

1. NOYAU INTERPHASIQUE. (Pl. 3, fig. 1)

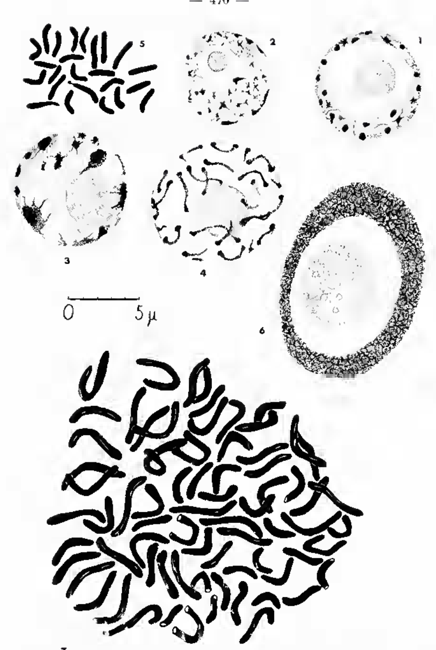
Les cellules méristématiques contiennent des noyaux interphasiques qui présentent un diamètre compris entre 7 et 8 μ et montrent une zone claire périnucléolaire d'environ 6 μ, repoussant le réticulum à la périphérie. Cette zone n'est peut-être qu'un artéfact dû à l'action du fixateur, car en variant la mise au point, le réseau réapparaît dans un plan plus profond.

L'unique nucléole mesure 3, 5 à 4 μ. Le réseau est mieux individualisé, la coloration d'ensemble est nettement plus accentuée que celle observable dans les noyaux quiescents, bien que la chromaticité reste légère, si l'on compare avec les autres genres de la famille, à l'exception de *Aspidopterys nutans.* Des chromocentres tranchent par leur coloration plus vive, certains ont une forme de grain, d'autres se prolongent par de fins tractus, leur taille est comprise entre 0,3 μ et 0,5 μ pour le plus gros.

2. NOYAU QUIESCENT (Pl. 3, fig. 2)

Les cellules de la coiffe montrent des noyaux quiescents de taille comprise entre 6 μ et 7μ, dont la chromaticité d'ensemble, à peine rose, est faible en comparaison de celle rencontrée dans les noyaux des autres genres.

Une petite auréole d'environ 3 μ entoure un nucléole unique mesurant à peine 1,8 μ. Ce nucléole est toujours bien visible est souvent excen-



Pl. 3. — *Byrsonima crassifolia:* **1**, noyau interphasique; **2**, noyau quiescent; **3**, début de prophase; **4**, prophase; **5**, métaphase $2n = 24$. — *Bunchosia montana:* **6**, noyau interphasique; **7**, métaphase $2n = c.72$.

trique. Le fond nucléaire est très légèrement rosé, les noyaux sont dotés d'un réseau extrêmement grêle, aux mailles lâches et fines. En diaphragmant légèrement on devine des petits points plus chromatiques, peut-être correspondent-ils à des anastomoses ou à la superposition des filaments du réseau. L'enchylème est structuré, puisque le noyau contient de fins filaments, difficilement visibles, mais toutefois un peu plus colorables que le fond nucléaire. Il semble que nous soyons en présence d'une structure semi-réticulée typique.

Échelonnés contre la membrane nucléaire qui dessine une ligne continue parfaitement nette de coloration rosâtre, ou parsemés sur le réticulum, se remarquent des chromocentres, de forme variable, irrégulière, et de taille fort discrète, puisqu'ils mesurent à peine un tiers de μ. Ces chromocentres sont toujours en nombre inférieur ou à peine égal à celui des chromosomes qui apparaîtront en métaphase. Étant donné la coloration d'ensemble, très pâle, les chromocentres par contre semblent fortement chromatiques.

3. Prophase (Pl. 3, fig. 3 et 4)

Le gonflement nucléaire que l'on observe souvent en prophase est ici fort restreint; les noyaux prophasiques ne dépassent jamais 8,5 μ de diamètre. On remarque, au début de ce stade, un éclaircissement de la cavité nucléaire, provoqué par la disparition des grêles filaments du réseau ainsi que de leurs intersections, tandis qu'au contraire les chromocentres se groupent, confluent en amas chromatiques pouvant mesurer plus d'un micron de large.

Le réseau s'estompe donc en faveur des chromocentres qui apparaissent sous forme de plages chromatiques de coloration intense, mais aux contours flous et peu précis, d'où s'échappent de fins tractus.

Ceux-ci doivent relier les masses chromatiques au vestige du réseau, car les volumineux chromocentres, qui viennent de se former, ne semblent pas simplement posés sur le réticulum en voie de disparition, mais donnent l'impression de paquets de chromatine suspendus par des filaments. Tandis que le noyau se gonfle légèrement, le fond nucléaire devient homogène, très clair, le nucléole de moins en moins visible et les gros chromocentres se scindent en grains chromatiques reliés par d'épais rubans faiblement colorés. Ces rubans se chromatinisent peu à peu, se raccourcissent pour devenir les chromosomes définitifs. A ce stade la membrane nucléaire disparaît, le noyau entre en métaphase.

4. Métaphase (Pl. 3, fig. 5)

Les chromosomes semblent disposer d'une place suffisante car ils s'étalent largement sur le plan équatorial. Les dénombrements sont relativement simples du fait de l'absence d'agglutination, de chevauchement des chromosomes observés si fréquemment chez les Malpighiacées. Des gommes ou peut-être des résines masquent souvent les plaques équatoriales et atténuent la visibilité, mais les 24 chromosomes apparaissent toujours suffisamment distincts les uns des autres pour permettre des dénombre-

ments précis. Ces 24 chromosomes ont soit une forme de bâtonnet, soit une forme arquée, ils mesurent 1,5 μ pour les plus petits. Certains ont l'aspect d'un « V » isobrachial, largement ouvert d'environ 2 μ. Les plus longs atteignent 2,5 μ, ce sont également des bâtonnets; deux d'entre eux possèdent un satellite.

Ces 24 chromosomes, de taille comprise entre 1,5 μ et 2,5 μ et d'une épaisseur constante de 0,4 μ, figurent parmi les plus petits que nous ayons observés chez les Malpighiacées.

5. Anaphase et Télophase.

L'anaphase n'offre rien de particulier.

En télophase la chromaticité des chromosomes diminue à partir de l'extrémité la plus proche du plan équatorial. Les noyaux, encore très aplatis, s'arrondissent peu à peu, montrent des chromocentres qui se portent à la périphérie contre la membrane nucléaire reformée. Un nucléole unique s'individualise dans chaque noyau-fils ainsi reconstitué .

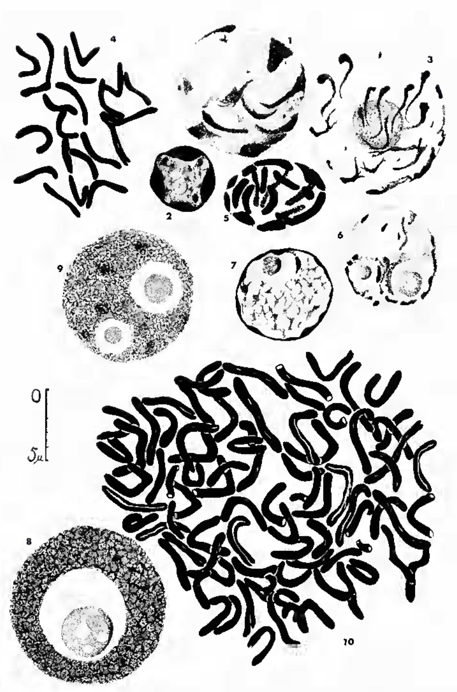
2° A CHROMOCENTRES COMPOSÉS : Banisteria argentea

1. Noyau interphasique (Pl. 4, fig. 1).

Des fixations effectuées au printemps nous ont montré la zone méristématique en pleine activité. Les noyaux interphasiques, d'environ 9 μ de diamètre, présentent un réseau fin et des chromocentres; l'importance respective de ces deux constituants nucléaires est susceptible de variations. De ce fait, lorsque l'on observe l'ensemble d'une coupe, un certain polymorphisme se manifeste. Les chromocentres de localisation variée, plus ou moins intensément colorés, ne se présentent pas sous l'aspect d'amas compacts, mais suggèrent plutôt un ensemble de filaments entremêlés. Un halo restreint souligne un petit nucléole de 2,7 μ de diamètre moyen. Ce nucléole est toujours bien distinct, légèrement excentrique, même lorsqu'un chromocentre tend à le masquer partiellement.

2. Noyau quiescent (Pl. 4, fig. 2)

A l'automne, une seconde série de fixations, nous a permis uniquement l'observation des noyaux quiescents, l'ensemble de la zone méristématique étant alors au repos. Ces noyaux quiescents, tous identiques, sont relativement petits, ils mesurent environ 4,5 μ de diamètre. La région centrale du noyau est occupée par un réticulum aux mailles très lâches, s'opposant ainsi à la périphérie où la répartition de la chromatine est beaucoup plus dense. En effet, on observe plusieurs amas chromatiques (4 à 6) localisés contre la membrane, faisant hernie dans la cavité nucléaire; parfois même ils semblent distendre le noyau et lui faire perdre sa section circulaire. Ces amas chromatiques ont la valeur de chromocentres composés, il diffèrent par leur aspect compact, leur contour bien net, leur coloration intense, uniforme, et par leur localisation, de ceux que nous avons décrits dans les noyaux interphasiques. Parfois, se détachant du réseau central, nous remarquons des taches de forme mal définie et irré-



Pl. 4. — *Banisteria argentea:* **1**, noyau interphasique; **2**, noyau quiescent; **3**, début de prophase; **4**, métaphase $2n = 20$; **5**, début de télophase; **6**, télophase; **7**, noyau quiescent du parenchyme cortical. — *Banisteria Riedeliana:* **8**, noyau interphasique; **9**, noyau quiescent; **10**, métaphase $2n = c.\ 84$.

gulière. Ces taches au contour assez flou, mais plus chromatiques que le fond nucléaire, sont peut-être des « plages réticulées », vestiges des chromocentres collectifs observés en interphase? Notons que la chromaticité du noyau est telle que le nucléole n'apparaît pas après mise en œuvre de la réaction de Feulgen.

Il semble que nous puissions parler à propos du *Banisteria argentea* de noyaux semi-réticulés à chromocentres collectifs ou composés.

3. Prophase (Pl. 4, fig. 3)

L'entrée du noyau en prophase est difficile à déterminer. Cependant, il semble que nous puissions admettre qu'un léger éclaircissement du fond nucléaire et une convergence d'amas chromatiques vers le nucléole marquent le début d'un nouveau cycle mitotique. Le noyau se dilate, tandis que les chromocentres s'individualisent par étirement des chromocentres collectifs. Ceux-ci, se gonflent, se déforment, s'allongent fortement d'un côté pour prendre l'aspect de filaments dont la coloration s'intensifie.

4. Métaphase (Pl. 4, fig. 4)

Les plaques métaphasiques apparaissent compactes, les chromosomes étant accolés, agglutinés les uns aux autres. Après un essai d'étalement, nous avons pu dénombrer 20 chromosomes, ils sont de forme massive, trapus, d'une épaisseur comprise entre 0,4 et 0,5 μ, ils mesurent de 2,5 μ à 5 μ de long.

5. Anaphase et Télophase (Pl. 4, fig. 5 et 6)

Les anaphases se caractérisent par deux masses fortement chromatiques gagnant les pôles, de forme grossièrement rectangulaire. Tandis que la membrane nucléaire se reforme, ceinturant un noyau très aplati, en olive, les chromosomes se contractent, s'épaississent, ces images nous montrent le début de la télophase. Le noyau s'arrondit, deux nucléoles différant de taille sont visibles. Un léger réseau apparaît par déspiralisation, ainsi que les chromocentres dont la confluence aboutira aux taches de chromatine observées en interphase; le noyau est alors prêt à se diviser à nouveau.

Il nous a été possible d'étudier les noyaux des cellules différenciées du parenchyme cortical, noyaux qui ne possèdent plus la faculté de se diviser. Ces noyaux diffèrent profondément des noyaux quiescents observés au niveau de la coiffe, par leur taille plus importante : 6,3 μ à 7 μ de diamètre, par l'aspect des chromocentres et par celui du réseau. Il semble que le réseau tende à envahir l'ensemble de la cavité nucléaire, en devenant plus développé et plus précis; tandis que les chromocentres se fragmentent, ne subsistant que sous la forme d'une « croûte » périphérique très chromatique, qui, bien que mince à certains endroits et boursouflée à d'autres, ceinture complètement le noyau. Nous constatons donc une augmentation de l'importance du réseau à mesure que la taille des chromocentres décroît. Cela nous amène à penser qu'il se produit peut-être une modification du réticulum et une fragmentation des chromocentres,

accompagnées de phénomènes de déspiralisation plus intenses en rapport avec la différentiation cellulaire (Pl. 4, fig. 7).

III. NOYAUX RÉTICULÉS

Hiptage Madablota.

1. Noyau interphasique (Pl. 1, fig. 6)

Les noyaux interphasiques nous montrent un réseau aux mailles très fines. Ces noyaux, volumineux, mesurent environ 11 μ de diamètre et possèdent une coloration rose intense qui paraît presque homogène tant les mailles du réticulum sont serrées. Une large zone incolore souligne un nucléole, d'environ 3,5 μ, plus rarement deux qui, dans ce cas, sont de taille plus petite et équivalente. Très petits, très grêles, nous remarquons sur le réseau, aux filaments tenus et réguliers, des petits points très chromophiles. Ils correspondent aux croisements des filaments du réticulum, leur petitesse ne nous permet pas de les nommer chromocentres.

L'organisation nucléaire nous apparaît nettement filamenteuse nous sommes, semble-t-il, en présence d'une structure réticulée typique sans chromocentres.

2. Noyau quiescent (Pl. 1, fig. 7)

Les cellules de la coiffe contiennent des noyaux de taille comprise entre 8 et 9 μ; les noyaux quiescents sont donc légèrement plus petits que les noyaux interphasiques. Le réseau s'étend à l'ensemble de la cavité nucléaire, ses mailles semblent beaucoup plus lâches. En plus de leur taille différente, ces noyaux quiescents se distinguent des noyaux interphasiques par une atténuation générale de la chromaticité. De plus, la zone périnucléolaire, qui tend à disparaître, entoure un nucléole de taille réduite (2 μ à 2,5 μ) et en principe unique.

3. Prophase

Le début de la prophase se caractérise par une forte dilatation nucléaire. Le réseau pâlit, s'estompe, ses mailles s'élargissent ses filaments se dilacèrent. Dans le même temps se remarquent des points plus chromatiques, qui bientôt s'étirent en courtes bandes dont la chromaticité s'accroît. Puis, vient un stade où nous voyons des rubans qui s'étendent à peu près dans la moitié du diamètre nucléaire. Ce stade marque peut-être le milieu de la prophase? Ces rubans sont très flexueux, mais ne strient pas le noyau de part en part. Après l'individualisation de ces rubans, il doit vraisemblablement exister des phénomènes de contraction, car ceux-ci se raccourcissent en accroissant leur épaisseur et en augmentant leur coloration. La membrane nucléaire disparaît, le nucléole se résorbe et la prophase s'achève.

4. Métaphase (Pl. 1, fig. 8)

Bien que répartis dans tout l'espace cellulaire, les chromosomes sont tassés, accolés les uns aux autres. Leur taille est comprise entre 2 μ pour les plus petits, et 3 μ pour les plus longs. La plupart d'entre eux dessinent un « V » aux branches égales, plus ou moins ouvertes. Certains sont hétérobrachiaux et forment une sorte de crochet. Quelques-uns ont l'aspect de bâtonnets. Les plaques équatoriales observées nous ont permis de dénombrer 54 chromosomes.

5. Anaphase et Télophase

Les chromosomes-fils gagnent les deux pôles de la cellule en deux lots qui se présentent sous l'aspect de barres transversales uniformément chromatiques. Le fuseau est bien visible, ses fibrilles étant très réfringentes.

Arrivés aux pôles ces barres transversales forment deux masses de coloration intense.

Bientôt la déspiralisation s'effectue, le réseau se réorganise vite en même temps que l'appareil nucléolaire et la membrane se reforment.

IV. NOYAUX EURÉTICULÉS

a) **Banisteria Riedeliana.**

1. Noyau interphasique (Pl. 4, fig. 8)

Après la réaction nucléale les noyaux interphasiques sont très fortement colorés, la substance chromatique est répartie dans l'ensemble de l'enchylème nucléaire; elle occupe tout l'espace qui lui est offert. Dans ces volumineux noyaux, mesurant environ 11 à 12 μ de diamètre, nous observons un enchevêtrement très dense de filaments chromatiques. Ces filaments d'égale épaisseur sur leur parcours dessinent un réseau aux mailles lâches. Le réseau semble parsemé de petits amas intensément colorés qui se détachent du fond nucléaire rose pâle. Ceux-ci sont trop grêles pour que nous puissions les qualifier de chromocentres. Peut-être sont-ils dus à l'entrecroisement ou à la superposition des filaments du réseau, responsable d'une petite accumulation carmin foncé. Une zone périnucléolaire rose pâle, suggère un mélange de chromatine à l'enchylème, car elle nous apparaît Feulgen positive. Parfois nous ne distinguons pas de nucléole; notons que les coupes sont réalisées à 6 μ d'épaisseur, cet organite, dans un noyau de telle taille, peut, de ce fait, être éliminé. Quand le nucléole est présent dans le noyau, son observation donne nettement l'idée du volume de celui-ci. En agissant sur la vis micrométrique, le nucléole s'estompe, à sa place nous distinguons les fibrilles du réticulum. Le nucléole est de grande taille (4 μ), grisé, sphérique et montre quelques globules réfringents.

2. Noyau quiescent (Pl. 4, fig. 9)

Les noyaux quiescents observés au niveau de la coiffe offrent la même structure. Ils sont légèrement plus petits, ne mesurant que 9 μ de

diamètre moyen. La zone périnucléaire est beaucoup plus réduite, elle montre également une coloration rose. L'appareil nucléolaire est d'observation délicate, tant le réseau acquiert de l'importance, si l'on ne prend pas soin d'effectuer une post-coloration au Vert Lumière pour le mettre en évidence. Nous remarquons alors fréquemment deux petits nucléoles mesurant 1,5 μ à 2 μ à peine.

L'organisation nucléaire, ainsi que la forte chromaticité de ces noyaux nous permettent de conclure à une structure euréticulée sans chromocentres.

3. Prophase

Au début de la prophase, nous remarquons un éclaircissement de la coloration d'ensemble du noyau, tandis que s'élargissent les mailles du réseau. Dans le même temps apparaissent des points plus chromatiques, dûs vraisemblablement à la spiralisation des filaments interphasiques.

A mesure que la spiralisation se poursuit, ces points chromatiques s'allongent et deviennent des rubans flexueux dont la coloration s'intensifie. Ces rubans paraissent s'anastomoser, car les images de coalescence sont fréquentes. Le nucléole s'estompe; peu après, un phénomène de contraction semble se produire, car les rubans chromatiques, qui emplissaient la totalité de la cavité nucléaire, se rassemblent en une masse plus ou moins compacte. La membrane nucléaire disparaît, le noyau entre alors en métaphase.

4. Métaphase (Pl. 4, fig. 10)

Sans écrasement, le dénombrement des chromosomes est impossible. Les plaques métaphasiques se présentent sous l'aspect d'un peloton de rubans fortement chromatiques. Les chromosomes sont agglutinés les uns aux autres et n'occupent pas tout l'espace cellulaire.

Toutefois, en utilisant la technique de Warmke, nous avons pu compter 84 chromosomes. Ceux-ci apparaissent fréquemment clivés; leur longueur varie entre 4 et 6 μ, leur épaisseur est de 0,5 μ.

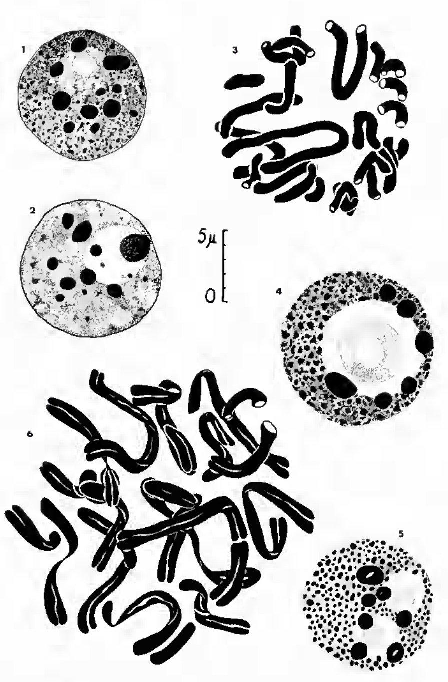
5. Anaphase et Télophase

Les chromosomes gagnent les pôles de la cellule en deux masses compactes. Les fibrilles du fuseau sont en général bien visibles. Bientôt la déspiralisation commence dans les noyaux-fils qui s'agrandissent. Le réseau et l'appareil nucléolaire réapparaissent tandis que la membrane se dépose.

b) **Bunchosia montana**.

La structure nucléaire chez le *Bunchosia montana* se présente de façon identique à celle que nous venons de décrire chez le *Banisteria Riedeliana*.

Néanmoins, les noyaux interphasiques ont fréquemment une forme



Pl. 5. — *Galphimia glauca:* **1**, noyau interphasique; **2**, noyau quiescent; **3**, fin de prophase. — *Galphimia gracilis:* **4**, noyau interphasique; **5**, noyau quiescent; **6**, métaphase $2n = 24$.

d'ellipsoïde dont le grand axe mesure 13 à 14 μ, et le petit une dizaine. Ces noyaux, de chromaticité équivalente, montrent un réseau peut-être un peu moins grossier. Les dénombrements chromosomiques, lors de la métaphase, offrent les mêmes difficultés. Nous avons compté 72 chromosomes d'environ 5 μ et plus de longueur (Pl. 3, fig. 6 et 7).

V. NOYAUX A RÉSEAU FIN A CHROMOCENTRES POLYMORPHES

a) **Galphimia glauca.**

1. Noyau interphasique. (Pl. 5, fig. 1)

La structure du noyau interphasique peut être rapprochée du type de noyau granuleux à chomocentres. Après la réaction nucléale, les noyaux du *Galphimia glauca* apparaissent très fortement colorés. Ce sont les noyaux les plus chromatiques que nous ayons observés chez les Malpighiacées. Ces noyaux interphasiques sont sphériques, d'un diamétre moyen de 9 à 10 μ. La cavité nucléaire est entièrement occupée par un granulum très grossier formé de chromocentres de dimensions variables, allant de la limite de la visibilité, à une taille supérieure à 1,5 μ. Les énormes chromocentres, uniformément chromatiques, se remarquent aisément, ils sont en général disposés autour de la zone périnucléolaire ; ils tranchent nettement par leur masse sur le fond nucléaire carmin foncé. Leur nombre est variable, 4, 8 parfois 12 ; les plus petits situés à la périphérie sont sphériques ; parfois certains présentent la forme d'un rectangle aux arêtes émoussées ; ils sont alors beaucoup plus gros et résultent certainement de la coalescence de deux chromocentres. Pour observer le nucléole, il est nécessaire d'effectuer une post-coloration au Vert Lumière. Sur les coupes traitées seulement par la méthode de Feulgen, il est à peine visible, étant donné l'aspect empâté et très chromophile du noyau. Ce nucléole, entouré d'une zone rosâtre d'un diamètre moyen de 3,5 μ, est en général excentrique, il mesure environ 1,8 μ.

2. Noyau quiescent. (Pl. 5, fig. 2)

Les noyaux quiescents observés dans les cellules différenciées du parenchyme cortical (coiffe très réduite) se distinguent des noyaux interphasiques par une atténuation de leur chromaticité.

Le fond nucléaire paraît seulement rosé, beaucoup plus finement granuleux, faisant penser à de minuscules particules saupoudrées. Les gros chromocentres sont toujours présents et se remarquent d'autant mieux du fait de l'aspect poussiéreux que prend le noyau dans son ensemble. Les noyaux quiescents suggèrent un émiettement des structures granuleuses et chromocentriques des noyaux interphasiques.

3. Prophase (Pl. 5, fig. 3)

Le début de la prophase se caractérise par une dilatation du noyau, entraînant une augmentation de la zone périnucléolaire ; tandis que le fond nucléaire empâté et grumeleux montre un léger éclaircissement.

Les gros chromocentres se placent à la périphérie. Puis ils s'étirent en filaments grêles et sinueux de faible coloration, dont les extrémités sont très visibles, car formées de petites masses — vestiges des chromocentres — ovoïdes plus chromophiles, qui se détachent du fond nucléaire devenu homogène et totalement incolore. A ce stade la membrane nucléaire et le nucléole sont toujours présents. Au fur et à mesure de leur individualisation les chromosomes prophasiques s'élargissent, acquièrent un aspect de ruban, leur chromaticité s'accroît. Malgré la dilatation nucléaire (diamètre environ 12 μ) ces rubans sont plusieurs fois repliés, il est difficile de les suivre sur un grand parcours. Ils se croisent, s'enchevêtrent, forment de nombreuses boucles, parfois il est possible de distinguer leurs extrèmités; mais celles-ci se perdent vite dans les lacis très chromatiques caractéristiques du milieu de la prophase. A ce stade la membrane nucléaire s'estompe, mais il semble que le nucléole qui a plus que doublé de volume (4 μ à 4, 5 μ) persiste longtemps, il ne se résorbera qu'à l'ultime fin de la prophase.

Il nous a parfois été possible d'observer des images de fin de prophase, et étant donné le caractère « gigantesque » des chromosomes, ces figures se sont révélées préférables pour effectuer un dénombrement. Dans un noyau de 13 à 14 μ de diamètre, les 24 chromosomes comptés par NANDA (1962) sont visibles, ils possèdent une épaisseur d'environ 1 μ et une longueur atteignant 12,5 à 13 μ.

4. MÉTAPHASE

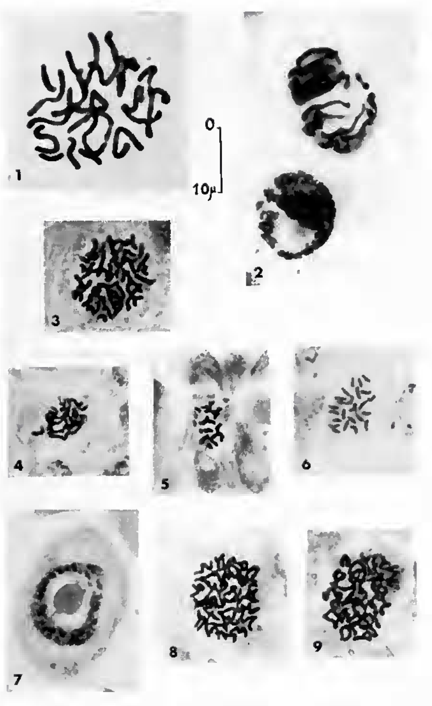
Les plaques métaphasiques ne sont pas lisibles à l'observation directe. Les chromosomes prophasiques ont subi une légère contraction, ils apparaissent uniformément chromatiques. En vue polaire, les plaques se présentent comme une pelote de ruban. Les chromosomes tassés, accolés, s'enroulent les uns autour des autres, et ne semblent pas disposer d'une place suffisante pour s'étaler dans le plan équatorial. Les dénombrements sont de ce fait fort délicats.

En utilisant la technique de WARMKE, nous avons retrouvé les 24 chromosomes observés en prophase. Ils apparaissent un peu plus courts, ne mesurant que 10 à 12,5 μ de long et 0,7 à 0,9 μ de large. Les métaphases vues de profil sont très belles; malgré la taille des chromosomes, les dénombrements sont impossibles.

5. ANAPHASE ET TÉLOPHASE

Les anaphases se présentent de manière classique; les chromosomes gagnent les pôles en deux masses compactes, d'où émergent de longs bras.

Les noyaux télophasiques ont une forme d'olive, ils apparaissent vacuolisés et sont très fortement chromatiques. On remarque des plages rosâtres accolées à des régions plus chromatiques à l'origine des futurs chromocentres. Sur les coupes seulement traitées par la méthode de Feulgen, on devine à peine l'appareil nucléolaire, tant l'ensemble est coloré; mais on le distingue nettement après une post-coloration au



Pl. 6. — *Galphimia gracilis:* **1,** métaphase; **2,** prophase et noyau interphasique. — *Hiptage Madablota:* **3,** métaphase. — *Malpighia coccigera:* **4,** métaphase. — *Aspidopterys nutans:* **5,** métaphase. — *Byrsonima crassifolia:* **6,** métaphase. — *Malpighia urens:* **7,** noyau interphasique; **8,** métaphase; **9,** métaphase. — Les photographies 4, 5 et 9, ont été composées à partir de plusieurs photographies de la même plaque.

Vert Lumière. Le noyau s'arrondit, les bandes chromatiques se fragmentent en amas, dans le même temps le fond nucléaire s'éclaircit légèrement. Deux nucléoles sont alors visibles dans chaque noyau-fils, ils semblent situés dans deux plans différents, peut-être diamètralement opposés. Ces deux nucléoles persistent avant de se fusionner, cette fusion doit être rapide, car on n'observe pas d'image de confluence nucléolaire. La cavité nucléaire est bientôt occupée par de multiples granulations chromatiques.

b) **Galphimia gracilis.**

Le processus de la mitose étudié chez le *Galphimia glauca*, reste le même dans ses grandes lignes chez le *G. gracilis*. Nous ne signalerons donc que quelques légères différences.

Le *Galphimia gracilis* possède des noyaux interphasiques (Pl. 5, fig. 4) plus volumineux, d'un diamètre sensiblement égal à 11 μ ou 12 μ, d'un égal degré de chromaticité. Le nucléole est, de même, de taille plus importante, mesurant environ 5 μ. Les chromocentres sont toujours présents, souvent sans forme définie, sortes de plages fortement colorées qui confèrent à l'espace nucléaire cet aspect grumeleux, empâté, caractéristique; ou bien ils font tache par leur masse et apparaissent uniformément chromatiques. Le fond nucléaire semble coloré en rose vif, aspect dû certainement à l'existence d'un réseau aux mailles fines et serrées.

Les noyaux quiescents (Pl. 5, fig. 5) ne montrent plus chez le *Galphimia gracilis*, une atténuation notable de leur chromaticité, mais au contraire une ensemble de fins granules très chromatiques dont la forme se précise et qui accompagne les gros chromocentres. Ceux-ci possèdent parfois une zone médiane plus claire.

Les plaques métaphasiques (Pl. 5, fig. 6) sont d'une lecture très délicate. Nous avons dénombré 24 chromosomes d'une taille remarquable (1 μ de large et 14 μ de long). Bon nombre d'entre eux sont clivés. Ils ont l'aspect d'énormes rubans, et il n'a été possible de les compter qu'après un écrasement préalable.

Il semble nécessaire de souligner que les *Galphimia glauca* et *G. gracilis* montrent les noyaux les plus chromatiques parmi les Malpighiacées étudiées. Ce sont également ces noyaux qui possèdent les plus longs chromosomes : 10 μ à 14 μ; dimensions rarement atteintes chez les plantes ligneuses dicotylédones. Cette constatation n'est-elle pas un argument en faveur d'une relation possible entre la taille des chromosomes et la structure nucléaire? L'une conditionnant l'autre et vice et versa. Ces noyaux entrent difficilement dans la classification des types nucléaires proposée par C. Delay, aussi les appellerons-nous noyaux à réseau fin à chromocentres polymorphes.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

Au cours de ce travail, malgré le petit nombre d'espèces examinées, il s'est rapidement avéré que les manifestations caryologiques chez les Malpighiacées présentent un certain nombre de phénomènes particuliers :

— le degré de chromaticité général que présentent les noyaux d'un certain nombre d'espèces;

— la ressemblance frappante des structures nucléaires du genre *Malpighia* avec celles décrites chez les Gymnospermes; ressemblance faisant songer à une analogie si l'on considère en particulier la structure rencontrée chez le *Pinus*;

— l'extrême diversité que l'on constate dans la taille des chromosomes, dont certains atteignent des dimensions « gigantesques »;

— l'agglutination très fréquente des chromosomes à la métaphase, les difficultés qu'ils montrent, indépendamment de leur taille, à se disjoindre, réalisant ainsi des pelotons chromatiques quasi illisibles au lieu de s'étaler correctement dans le plan équatorial;

— la présence de chromocentres qui, par leur nombre ou leur grande taille, confèrent un aspect particulier aux noyaux qui les possèdent.

I. LES STRUCTURES NUCLÉAIRES

Les différentes organisations nucléaires observées ont été rapportées aux types définis par C. Delay. Nous avons choisi l'état interphasique pour caractériser la structure nucléaire, car les noyaux au repos sont susceptibles de présenter des « modifications structurales », observation peu nouvelle, faite par de nombreux auteurs; c'est ainsi que Le Coq constate : « l'état interphasique, moment d'un phénomène général, la division, identique à lui-même dans toutes les cellules ayant gardé la capacité de se diviser à nouveau et donc non encore différenciées, a une valeur moins instable ».

Nos recherches nous ont permis d'illustrer les modifications structurales que présentent parfois les noyaux à l'état de repos. C'est le cas du *Banisteria argentea* dont les noyaux quiescents, au niveau de la coiffe, montrent, contre la membrane nucléaire, 4 à 6 amas chromatiques ayant la valeur de chromocentres collectifs, tandis que ceux observés dans le parenchyme cortical laissent voir une « croûte » périphérique très chromatique, d'inégale épaisseur, qui ceinture complètement la cavité nucléaire, pendant que le réseau augmente en importance.

1°) CHROMATICITÉ D'ENSEMBLE DES NOYAUX OBSERVÉS

Les noyaux interphasiques des onze espèces étudiées se caractérisent par une très forte chromaticité qu'il semble nécessaire de souligner dès le début de cette discussion.

Deux espèces seulement font exception : l'*Aspidopterys nutans* et le *Byrsonima crassifolia*, et nous montrent deux exemples typiques de noyaux aréticulés à chromocentres discrets.

Ce sont précisément ces types de structure que l'on s'attendait à rencontrer, en majorité, chez les Malpighiacées qui sont des plantes ligneuses Dicotylédones ; en effet de nombreux auteurs, et C. Delay en particulier, ont remarqué une « grande fréquence de noyaux peu chromatiques (aréticulés ou semi-réticulés) chez les Dicotylédones arborescentes ». Celle-ci estime en effet que 73 % des plantes ligneuses ont des noyaux pauvres en chromatine. Toutefois, il faut noter que les Malpighiacées ne représentent pas la seule famille où l'on soit frappé par l'extrême richesse en chromatine des noyaux. C. Delay souligne elle-même « que des noyaux réticulés ont parfois été observés chez des arbres *(Ulmus et Illicium)* et que des noyaux euréticulés existent chez quelques arbustes *(Sambucus)* ; mais les familles, où l'on rencontre le plus fréquemment des noyaux réticulés et euréticulés, sont typiquement herbacées ».

Pourtant M. L. de Poucques précise dans son mémoire sur la caryologie des Rubiales : « il est intéressant de noter que, parmi les espèces du genre *Sambucus*, la plupart, arbustes vigoureux et résistants, c'est précisément le *S. Ebulus*, la seule herbacée, qui est la plus pauvre en chromatine ».

Il semble donc que les caractères de plante ligneuse ou de plante herbacée soit insuffisant pour permettre, dans la majorité des cas, de préjuger du degré de chromaticité du noyau. La teneur en chromatine doit être déterminée par des facteurs différents de ceux responsables du port d'une plante.

Quoi qu'il en soit, les Malpighiacées constituent une famille originale parmi les plantes ligneuses étudiées jusqu'alors du point de vue de la caryologie.

2°) LES VARIATIONS DU TYPE NUCLÉAIRE

Nous sommes frappé par l'extrême diversité des aspects morphologiques présentés par les noyaux en interphase. Il ressort de l'étude des Malpighiacées examinées ici que le type nucléaire varie beaucoup dans cette famille, puisque nous avons rencontré un noyau aréticulé typique chez l'*Aspidopterys nutans*, un noyau réticulé chez l'*Hiptage Madablota*, — or ces deux espèces sont réunies dans la même sous-tribu des Aspidoptéryginées —, un noyau euréticulé chez le *Banisteria Riedeliana* et un noyau semi-réticulé à chromocentres collectifs chez le *B. argentea*, bien que ces espèces appartiennent au même genre, un noyau à réseau fin, à chromocentres polymorphes et composés, chez les *Galphimia glauca* et *G. gracilis*, un noyau aréticulé à chromocentres multiples chez les trois espèces du genre *Malpighia* : M. *glabra*, *M. coccigera* et *M. urens*, un noyau euréticulé chez le *Bunchosia montana* — or le genre *Bunchiosa* fait partie de la même tribu des *Malpighiinées* que les

trois *Malpighia* précités —, enfin un noyau semi-réticulé à chromocentres chez le *Byrsonima crassifolia*.

Si, par rapport à la classification de la famille, les espèces étudiées font figure d'un échantillonnage, il en est de même si l'on considère les structures nucléaires, car les principaux types y sont représentés. Une telle diversité rend impossible de caractériser de façon simple le type de structure nucléaire au niveau de la famille. Il est même hasardeux d'essayer de définir à partir de onze espèces un « type moyen » qui serait susceptible, ainsi que le notent de nombreux auteurs, de subir des variations dans les deux sens, variations tendant vers un enrichissement ou vers un appauvrissement en chromatine.

Comment expliquer cette diversité extrême, dans une collection d'espèces aussi restreinte? Les différentes espèces réunies dans la famille des Malpighiacées, ne présentent peut-être entre elles que des convergences de forme expliquant leur ressemblance morphologique.

Avant d'examiner les variations du type nucléaire, non plus au niveau de la famille, mais à un niveau moins élevé, celui du genre, se pose le problème de savoir quels sont les constituants nucléaires susceptibles de faire varier le plus la structure du noyau. Un noyau interphasique est caractérisé par deux formations, le réticulum et les chromocentres, dont l'importance est en rapport étroit avec les chromosomes dont ils dérivent.

a) Le réticulum

La présence ou l'absence d'un réseau est un caractère souvent considéré pour distinguer les noyaux structurés des noyaux homogènes, la constitution d'un réseau dépend des transformations par les chromosomes télophasiques au cours de la catachromase ou déspiralisation. « Il est aisé de constater, écrit Hamel en 1953, que les différences dans les aspects structuraux sont dues à ce que la déspiralisation subie par les chromonémas, qui sont à l'origine du réseau, est poussée plus ou moins loin suivant les cas. »

a^1. — Une seule espèce, l'*Aspidopterys nutans*, montre un noyau homogène, sans qu'aucune structure filamenteuse ne soit décelable. De plus, au cours de la mitose, de longues bandes chromatiques striant de part en part le noyau prophasique ne s'observent jamais, mais au contraire des formations fort discrètes décrites sous le nom de « comètes », formations que l'on retrouve classiquement dans les structures aréticulées typiques.

a^2. — Sept espèces possèdent un réseau, ce sont donc des espèces à noyaux structurés. Mais il est nécessaire d'envisager les aspects divers que montre le réseau. En effet, la plus ou moins grande finesse des filaments chromatiques, leur régularité, leur densité, leur dispersion dans l'enchylème permettent de distinguer les noyaux euréticulés des réticulés et des semi-réticulés.

— Des noyaux euréticulés s'observent chez le *Banisteria Riedeliana* et chez le *Bunchosia montana*. La substance chromatique est très régu-

lièrement répartie dans l'ensemble de la cavité nucléaire; elle occupe tout l'espace qui lui est offert et se présente sous la forme d'un enchevêtrement serré et dense de filaments d'épaisseur sensiblement constante sur tout leur parcours. La structure du noyau apparaît nettement filamenteuse.

— Des noyaux réticulés sont décelables chez l'*Hiplage Madablola.* Le réseau s'étend à la totalité de l'espace nucléaire comme dans le cas précédent, mais, du fait de la grande finesse des filaments réguliers et ténus, la chromaticité est plus faible.

— Des noyaux semi-réticulés ont été décrits chez les *Banisteria argentea* et *Byrsonima crassifolia.* Ces deux espèces sont dotées d'un réticulum aux mailles très lâches.

— Une place particulière doit être faite au réseau que l'on observe chez les *Galphimia glauca* et *G. gracilis.* C'est un réseau très fin et très discret, d'observation fort délicate, qui donne au fond nucléaire une coloration d'ensemble rose foncé et paraissant très souvent homogène tant ses mailles sont serrées. Le réseau se remarque à peine du fait de l'importance que prennent les figures chromocentriques.

a^3. — Les trois espèces du genre *Malpighia* posent un problème quant à la présence d'un réticulum. L'ensemble du noyau montre un fond grumeleux et rosé. Est-on en présence d'un réseau léger aux mailles larges? La forte chromaticité éloigne ce type nucléaire des noyaux homogènes et le rapproche des noyaux structurés. Cette chromaticité élevée est due en effet à une multitude de grains chromatiques, parfois très voisins, mais qui semblent épars dans l'espace nucléaire, sans aucun lien entre eux. Les phénomènes de déspiralisation paraissent intenses à la télophase et surtout laborieux, ne devant pas atteindre d'égale façon un chromosome sur toute sa longueur. En certains points cette déspiralisation doit être complète et totale, engendrant peut-être des filaments non décelables, non mis en évidence avec les possibilités du microcospe optique, tandis qu'en d'autres points cette déspiralisation n'a pas lieu ou est à peine amorcée conduisant à la formation des granules chromophiles.

Puisqu'il nous est impossible de mettre en évidence la présence des filaments du réticulum, nous qualifierons ces noyaux d'aréticulés à chromocentres multiples, en notant qu'ils se rapprochent, par leur forte chromaticité, des noyaux euréticulés.

b) Les chromocentres

Ainsi que le note Eichhorn en 1957 « ... un des constituants nucléaires qui fait varier le plus les aspects des noyaux interphasiques est le chromocentre. Par son nombre, sa forme, sa taille, il donne au noyau une physionomie particulière et caractéristique. »

Cet élément nucléaire montre chez les Malpighiacées un grand polymorphisme.

Au point de vue de la taille, il varie depuis la limite de la visibilité

— doit-on alors lui conserver cette appellation de chromocentre, ne serait-ce pas plutôt un point chromatique, dû à la superposition de deux filaments du réseau ou à leur intersection — jusqu'à une taille qui égale et parfois dépasse celle du nucléole tout au moins dans les noyaux quiescents.

b^1. — Dans les noyaux euréticulés *(Banisteria Riedeliana, Bunchosia montana)* et réticulés *(Hiptage Madablota)*, la taille des chromocentres est si discrète par comparaison avec ceux observés dans les autres genres que nous concluerons à leur absence et penserons plutôt que les petits points chromophiles correspondent au croisement des filaments du réticulum en raison du grand développement de celui-ci.

b^2. — Dans les noyaux semi-réticulés, les chromocentres se présentent, soit de façon simple, distincts les uns des autres, de taille modeste (environ un tiers de μ), en nombre inférieur ou égal à celui des chromosomes métaphasiques et c'est le cas observé chez le *Byrsonima crassifolia;* soit en formations collectives, chez le *Banisteria argentea*, ayant un aspect d'amas grossiers, compacts, très chromatiques ou au contraire un aspect de « plages réticulées » d'importance variable.

Ces formations collectives, qui l'emportent de beaucoup en importance sur le réseau, nous laissent supposer que les chromosomes ont beaucoup de difficulté à se déspiraliser; peut-être existe-t-il des phénomènes de coalescence entre segments chromosomiques voisins non touchés par la catachromase, expliquant ainsi les chromocentres collectifs. Ne pouvons nous pas imaginer également une élaboration supplémentaire de substance chromatique responsable de l'opacité de ces chromocentres qui ne laissent percevoir aucune structure?

b^3. — Dans les noyaux aréticulés simples, que l'on observe chez l'*Aspidopterys nutans*, l'ensemble de la chromatine n'est représenté, durant l'interphase, que par de petits chromocentres d'environ 0,3 μ bien colorables et ovoïdes. En général on en dénombre une douzaine, leur nombre paraît donc être inférieur à celui des chromosomes, les plaques équatoriales nous ayant permis d'en compter vingt. Cependant ce n'est là qu'une apparence. Le réseau étant absent, toute la chromatine des noyaux interphasiques est concentrée en chromocentres. On devrait donc s'attendre à constater une égalité numérique entre chromosomes et chromocentres. Cependant il ne faut pas oublier que, sur les coupes un peu trop fines réalisées, un noyau ne figure jamais en entier, de ce fait il est probable que certains chromocentres sont éliminés, car ils sont répartis dans l'ensemble de la cavité nucléaire. Il aurait été souhaitable de réaliser des coupes d'épaisseur plus importante. pour vérifier cette hypothèse, mais le manque de matériel ne nous l'a malheureusement pas permis.

b^4. — Une place particulière doit être réservée aux chromocentres que l'on observe dans les noyaux des représentants du genre *Malpighia*, et de la sous-tribu des Galphimiinées.

En 1941, C. Delay écrit : « On peut remarquer que les noyaux à chromocentres nombreux n'ont été décrits que chez les Cryptogammes vasculaires et les Conifères, jamais chez les Angiospermes... Il est inté-

ressant de remarquer que ce type de structure nucléaire n'a été observé que chez des végétaux d'origine ancienne, ayant gardé des caractères relativement primitifs. »

Les Malpighiacées feraient-elles figure d'exception parmi les Angiospermes?

Depuis lors les recherches poursuivies, sur la structure des noyaux des Angiospermes, viennent nuancer cette affirmation. Les dessins, et les descriptions que publie M. L. de POUCQUES dans sa thèse sur la caryologie des Rubiales (1949), nous permettent de penser que les noyaux du *Sambucus* s'apparentent à ces structures. « Les noyaux apparaissent très fortement granuleux, écrit cet auteur, et quelques corpuscules très gros (jusqu'à 1,5 μ) et très chromophiles tranchent avec netteté... Nous sommes semble-t-il en présence ici de chromocentres tels qu'EICHHORN les décrit chez les Gymnospermes. »

En ce qui concerne les chromocentres multiples observables dans les noyaux des trois espèces de *Malpighia*, nous nous rallions à l'opinion de cet auteur. Les chromocentres sont remarquables d'une part par leur taille variable suivant les espèces : *M. coccigera*, 0,2 μ, *M. glabra*, 0,3 μ à 0,45 μ, *M. urens*, 0,6 μ à 0,9 μ; mais surtout par leur grand nombre, impossible à préciser, qui confère au noyau cet aspect granuleux caractéristique.

Nous avons signalé dans l'introduction l'origine très ancienne des Malpighiacées. La structure nucléaire particulière du genre *Malpighia* se rapproche de celle décrite chez des végétaux considérés habituellement comme peu évolués, à savoir les Gymnospermes; ne devons-nous pas penser que nous sommes avec ce genre en présence d'une structure nucléaire ayant conservé des caractères primitifs?

En traitant du réticulum, nous avons évoqué l'importance que prennent les figures chromocentriques chez les *Galphimia glauca* et *G. gracilis*, espèces qui possèdent les noyaux les plus chromatiques parmi les Malpighiacées étudiées. Cette forte chromaticité est due aux chromocentres dont le développement est considérable et quelque peu insolite. En effet, ces chromocentres se montrent sous deux aspects dissemblables. On observe, uniformément répartis dans tout le noyau, des petits corpuscules, qu'il est impossible de dénombrer, formant un « granulum grossier », ou bien des masses uniformement chromatiques allant jusqu'à une taille de 1,5 μ et dont le nombre, variable, atteint parfois douze.

Chez le *Galphimia glauca*, lorsque cette douzaine de chromocentres est visible, on remarque quant à leur taille une dualité caractéristique En effet, ils se groupent en deux lots distincts; le premier réunissant les « gros chromocentres » d'environ 1,5 μ et plus, le second montrant les « moyens » chromocentres qui ne dépassent pas un μ. De quelle manière ces chromocentres remarquables se répartissent-ils au point de vue numérique? Certaines images nous montrent six « gros » chromocentres voisinant avec six « moyens ». N'est-ce pas là un argument tentant pour préjuger d'un degré de polyploïdie éventuel? Sommes-nous en présence d'une espèce hexaploïde ($2n = 24$)? Problème difficile à résoudre.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons réalisé des préparations de 13 μ d'épaisseur, pour pouvoir observer le noyau dans tout son volume et non plus en section afin d'éviter d'éliminer des chromocentres au cours de la confection des coupes, ainsi que nous le faisions remarquer à propos de l'*Aspidopterys nutans*. Le diamètre nucléaire moyen étant de 10 μ, sur de telles préparations un grand nombre de noyaux sont entiers; mais étant donné leur chromaticité extrême, ils apparaissent très empâtés, d'un carmin si violent que les chromocentres ne tranchent plus sur le fond nucléaire. De ce fait, il nous a été impossible de préciser si effectivement nous pouvions affirmer l'existence de six « gros » et de six « moyens » chromocentres. Nous sommes tentés de citer une reflexion d'Archambault écrite au sujet des noyaux du *Victoria Regia:* « quand on observe pour la première fois le noyau, on ne peut s'empêcher de penser à une mauvaise fixation. » Impression que nous ressentons vivement à l'observation de ces structures si chromatiques.

Pourtant, plusieurs séries de fixations, réalisées au cours de l'année, nous ont montré de manière constante ces énormes masses chromatiques dont la présence ne peut être due à une fixation défectueuse.

Il ne faut pas oublier que ces formations dérivent de chromosomes « gigantesques » (12 μ à 14 μ), qui, ainsi que le notent de nombreux auteurs, par opposition aux chromosomes courts, n'ont pas toujours la possibilité de se dérouler complètement. Ces chromocentres seraient peut-être des agglomérations de chromosomes télophasiques restés spiralisés.

Ceci nous amène à poser le problème de la dissemblance des chromosomes que l'on observe chez les Malpighiacées, et que nous montrent les dessins (réalisés à la même échelle) des plaques équatoriales étudiées.

c) Les chromosomes

« La permanence des formes chromosomiques résulte de la constance non seulement de la longueur mais aussi de l'épaisseur des chromosomes, qui deviennent l'une et l'autre caractéristique des espèces », écrit Hamel en 1953.

La taille des chromosomes chez les Malpighiacées varie dans de larges limites, puisqu'elle oscille entre 14 μ pour les plus longs et 1 μ pour les plus courts, réalisant par là même un échantillonnage de la longueur qu'est susceptible d'atteindre un chromosome en métaphase. On peut remarquer que cette longueur de 1 μ, observée chez les plus petits chromosomes, représente chez les plus grands une valeur qui mesure l'épaisseur. Cependant, ces dimensions ne sont pas absolues, ce ne sont que des estimations qui donnent un ordre de grandeur fort précieux à considérer, puisqu'il permet de faire des comparaisons et de distinguer un certain nombre de types chromosomiques.

Chez les Malpighiacées les principaux types chromosomiques sont représentés : il est des espèces où la longueur des chromosomes ne dépasse pas 2, 5 μ *(Aspidopterys nutans, Byrsonima crassifolia)*, nous les quali-

fierons à chromosomes courts; d'autres où la longueur oscille entre 2,5 μ et 5 à 6 μ (série des *Malpighia* et des *Banisleria)*, nous les nommerons à chromosomes longs; d'autres enfin que nous appellerons à chromosomes « gigantesques » puisque ces éléments mesurent ou dépassent une douzaine de microns. Cette diversité extrême dans la longueur des chromosomes est difficilement explicable; notons que l'épaisseur varie de façon proportionnée mais dans des limites plus étroites (0,2 μ à 1 μ).

L'accroissement énorme de la taille des chromosomes que nous constatons dans la sous-tribu des Galphimiinées demeure énigmatique. Le nombre chromosomique est peu élevé, il est égal à 24. Toutefois, posséder 24 chromosomes d'une telle taille confère au noyau une masse chromatique considérable. Ce qui nous amène à penser au phénomène de polyténie consistant en une multiplication à l'intérieur de chaque chromosome du chromonéma, résultat d'une endomitose. Cette multiplication, non suivie de la séparation des chromonémas, remplace peut-être, dans une certaine mesure, une polyploïdie?

Certains auteurs ont déjà signalé des phénomènes comparables : Hamel en 1955 décrit chez l'*Eryngium giganteum* des chromosomes de 6 μ de long et de 0,7 μ de large, alors que chez les autres espèces du genre ceux-ci mesurent au plus 3 μ de longueur; Darlington remarque chez un *Drosera* un doublement de l'épaisseur des chromosomes, résultat, pense-t-il, d'une mutation.

Il est difficile de résoudre le problème posé par les chromosomes « gigantesques ». A-t-on affaire à une mutation génique provoquant la multiplication des chaînes des nucléoprotéines? Peut-on imaginer plus simplement une synthèse de substance matricielle, ou bien l'action de facteurs externes?

Il est bon de remarquer que les représentants de la sous-tribu des Galphimiinées sont restés dans l'aire de répartition primitive de la famille, et n'ont pas subi de migrations. Est-on en présence, avec les Galphimiinées, de vestiges directs d'un type ancestral? Dans ce cas les structures nucléaires, et par là même les chromosomes, nous montrent peut-être à l'heure actuelle, avec quelques variations possibles, les images les plus proches des types primitifs; les *Galphimia glauca* et *G. gracilis* doivent être considérés comme des espèces archaïques.

Quoi qu'il en soit la grande variété que l'on observe dans la taille des chromosomes explique la diversité que l'on rencontre dans les structures nucléaires. Si d'autres facteurs interviennent, en particulier le volume nucléaire, le nombre des chromosomes, les processus de catachromase, la chromaticité d'un noyau est déterminée en grande partie par la longueur des chromosomes. « Les familles présentant des types nucléaires très variés sont celles dont les espèces possèdent des caryotypes très différents relativement à la taille moyenne des chromosomes » écrit C. Delay (1947), qui énonce une règle précisant les rapports entre la taille des chromosomes et les structures nucléaires : « les noyaux euréticulés et réticulés correspondent à des chromosomes longs, tandis que les noyaux semi-réticulés et aréticulés se trouvent chez les espèces à

chromosomes courts ». Si l'on considère les Malpighiacées cette hypothèse est en partie vérifiée.

FAVARGER (1946) dans son étude des Silénoïdées remarque qu'on « ne rencontre qu'exceptionnellement le type semi-réticulé, si les chromosomes dépassent 3 μ de long ». Pourtant chez les Malpighiacées, le *Banisteria argentea* montre quelques chromosomes de 5 μ et présente une structure semi-réticulée. La taille des chromosomes variant entre 2,5 μ et 5 μ chez cette espèce, nous pouvons imaginer que les plus petits doivent en se déspiralisant complètement fournir les éléments du réseau, tandis que les plus longs sont peut-être à l'origine des chromocentres collectifs?

Sans revenir sur la distintion entre plante herbacée et plante ligneuse dont nous avons déjà parlé, de nombreux auteurs sont d'accord pour admettre une règle émise par JANNAKI-AMMAL, citée par DARLINGTON et WYLIE, et reprise par C. DELAY; règle qui tente d'expliquer les relations entre la taille des chromosomes et la richesse en chromatine des noyaux. « On trouve le plus souvent des petits chromosomes avec noyaux aréticulés ou semi-réticulés chez les Dicotylédones arborescentes considérées habituellement comme primitives; tandis que chez les plantes herbacées plus évoluées on trouve des noyaux plus riches en chromatine, réticulés ou euréticulés ». JANNAKI-AMMAL et DARLINGTON pensent que les espèces ligneuses ont toujours des petits chromosomes; arbres et arbustes étant des formes plus primitives qui s'opposent aux herbes plus évoluées. Ces auteurs suggèrent donc une tendance à l'allongement des chromosomes au cours de l'évolution.

Si, l'on se réfère à notre travail, cette hypothèse est difficilement applicable. Nous ne prendrons qu'un exemple : celui des *Malpighia*, que nous avons décrits comme possédant des chromosomes longs. Il est peu vraisemblable d'admettre, en étudiant les structures nucléaires, que ce genre présente des caractères évolués, étant donné la ressemblance frappante que nous avons signalée avec les Gymnospermes considérées comme primitives. Les *Malpighia* possèdent des chromosomes longs et nous montrent des structures primitives. Sans nier les nombreux faits qui militent en faveur d'une évolution marquée par un allongement des chromosomes, remarquons simplement que les Malpighiacées apparaissent en contradiction, font figure d'exception. Certaines espèces actuelles de la famille doivent peut-être être envisagées comme des fins de phylum, ayant manifestement une impuissance évolutive?

Notons, toutefois, que des observations indiquant la possibilité d'une évolution s'effectuant en sens contraire ont déjà été signalées.

d) LES VARIATIONS DU TYPE NUCLÉAIRE AU NIVEAU DU GENRE

Très fréquemment nos recherches n'ont porté que sur une seule espèce caractéristique d'un genre. Il est évident que dans ce cas nous ne saurions préciser les variations du type nucléaire.

Cependant, l'étude de deux *Banisteria* et de trois *Malpighia* nous

permet de dire que parfois un même genre montre chez ses différentes espèces une structure nucléaire très dissemblable, ou au contraire une parfaite homogénéité d'organisation. Observation peu nouvelle, citée dans de nombreux travaux.

Chez le genre *Banisteria* nous avons distingué deux types nucléaires : une structure euréticulée et une structure semi-réticulée à chromocentres collectifs correspondant dans les deux cas à des caryotypes à chromosomes longs. Ainsi le seul examen de la structure du noyau en interphase apparaît, dans certains cas, comme un des critères permettant de distinguer entre elles les différentes espèces d'un même genre. Chaque espèce se présente-t-elle avec des caractères qui lui sont propres?

Chez le genre *Malpighia*, bien que nous ayons déjà signalé les variations minimes que peut mettre en lumière un examen attentif des noyaux interphasiques, nous pouvons semble-t-il conclure á une grande analogie de structure nucléaire. Les légères différences sont peut-être dues aux variations de volume des noyaux ainsi que nous le faisions remarquer á propos de la description des trois espèces étudiées. Toutefois, nous pouvons préciser que les nombres chromosomiques sont différents puisque $2n = 20$ chez les *M. glabra* et *M. coccigera* et $2n = 56$ chez le *M. urens*. Nous aurions pu nous attendre à observer de grandes variations sous l'influence d'une augmentation du nombre des chromosomes chez les espèces polyploïdes. En fait, il n'en est rien. Ainsi la multiplication du nombre des chromosomes ne semble pas, dans ce cas, contribuer à un changement de l'organisation de la structure nucléaire; toutefois notons que si les chromosomes augmentent en valeur numérique, ils restent dans les trois cas d'une longueur équivalente.

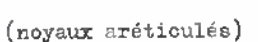
3°) ESSAI D'UNE CLASSIFICATION FONDÉE SUR UNE ÉVOLUTION NUCLÉAIRE

De nombreux auteurs admettent qu'un enrichissement en chromatine est un phénomène allant de pair avec l'évolution. Celle-ci se serait faite á partir des noyaux aréticulés peu chromatiques. Cette augmentation de la chromaticité étant corrélative d'un allongement des chromosomes.

Nous avons justement signalé que dans le cadre des Malpighiacées cette hypothèse paraissait difficilement soutenable. Il semble aberrant de penser que l'*Aspidopterys nutans* est moins évolué, étant aréticulé à petits chromosomes, que les *Malpighia* dont les structures nucléaires les rapprochent de végétaux primitifs, ou que le *Galphimia glauca* á structure particulière et á chromosomes « gigantesques ».

L'évolution, ainsi que C. DELAY le remarque, ne pourrait-elle pas se faire en sens inverse? De plus GOSSELIN émet en 1947 l'hypothèse suivante : « Les plantes d'apparition récente ont des noyaux homogènes, alors que les autres se stabiliseraient au type de noyaux structurés. »

Si on se souvient que tous les genres étudiés sont strictement américains, à l'exception des *Aspidopterys* et *Hiptage* qui sont deux genres de l'Ancien Monde, le premier étant de l'Inde, le deuxième d'Asie tropicale, si on remarque que les genres présentant des caractères primitifs



Aspidopterys nutans

(noyaux semi-réticulés)

Banisteria argentea

Byrsonima crassifolia

(noyaux réticulés)

Hiptage Madablota

Banisteria (réticulé)?

(noyaux euréticulés)

Banisteria Riedeliana

Bunchosia Montana

(noyaux aréticulés à chromocentres multiples)

Malpighia urens-glabra coccigera

(noyaux à réseau fin à chromocentres polymorphes)

Galphimia glauca gracilis

PALEO HIRAEEE

PALEO BANISTERIA

PALEO MALPIGHIA

PALEO BYRSONIMA

(samares)

ANCETRES?

(drupes)

Schéma I

ou quelque peu archaïques se sont maintenus dans la région brésiliano-guyano-vénézuélienne, qui représente le centre primitif des éléments de la famille et si on souligne avec ARÈNES que le peuplement des régions asiatiques, après relais sur le territoire africain, ne s'est opéré que tardivement par rapport à l'apparition de la famille en Amérique du Sud, peuplement corrélatif de migrations ultimes ayant eu lieu au Pliocène, n'est-il pas possible de penser, en se référant à l'hypothèse de GOSSELIN, que l'*Aspidopterys* représente un genre d'apparition récente, donc manifestant une évolution certaine dans sa structure nucléaire?

En admettant cette hypothèse, l'évolution se serait faite des noyaux structurés, dotés d'un réseau porteur de chromocentres, donc noyaux caractérisés par des chromosomes longs, vers les noyaux aréticulés à chromosomes courts. On assisterait avec l'évolution, non plus à un enrichissement en chromatine, mais au contraire à un appauvrissement dû à une réduction de la taille des chromosomes, accompagné d'une diminution de l'importance du réseau et de la grosseur des chromocentres. Nous pourrions alors esquisser le schéma I.

Ce schéma, qui se propose de résumer l'évolution que nous avons cru observer au sujet des structures nucléaires, appelle quelques remarques.

Il semble y avoir une évolution parallèle dans les deux sous-familles que distinguent les systématiciens en se référant aux caractères du fruit. Les Ptérygophorées (à samares) et les Aptérygiées (à drupes) montrent une diminution de la chromaticité d'ensemble de leurs noyaux à mesure que les espèce présentent des caractères plus évolués. On assisterait donc, avec l'évolution, à une simplification des structures, à une sorte d'épuration chromatique.

Cependant, cette épuration chromatique, si elle existe, ne paraît pas s'effectuer suivant un processus simple, selon un schéma que nous pourrions qualifier de « linéaire ». En effet, dans les noyaux à caractères archaïques *(Galphimia)*, peut-être les plus fidèles au type primitif ancestral, le réseau, bien que très fin, est probablement présent, tandis que les figures chromocentriques l'emportent en importance. Dans les noyaux « assez évolués » *(Banisteria Riedeliana, Bunchosia montana, Hiptaga Madablota)* le réseau acquiert un développement préférentiel, dans le même temps les chromocentres ne se remarquent plus, nous avons interprété les points chromatiques comme des superpositions de filaments du réseau. Puis, dans les noyaux « évolués » *(Banisteria argentea, Byrsonima crassifolia)*, le réseau s'estompe tandis que des chromocentres discrets réapparaissent et même parfois ont l'aspect de formations collectives. Enfin, dans les noyaux les plus évolués *(Aspidopterys nutans)*, le réseau est inexistant, toute la chromatine étant concentrée au niveau de chromocentres dont la taille est modeste.

Ainsi, nous assisterions avec l'évolution, à un retour vers un type de noyau chromocentrique, qui rappellerait, bien que fort atténué le type du noyau primitif. Ne peut-on alors penser, avec GAUSSEN, qu'il s'agit là d'une « surévolution », puisque cet auteur constate : « comme

le surévolué n'est pas identique au primitif on peut parler de pseudocycle... L'idée d'évolution pseudocyclique n'exclut pas celle du progrès. La fin d'un pseudo-cycle n'est pas identique au début et peut être en progrès sur lui ».

II. LISTE DES NOMBRES CHROMOSOMIQUES [1]

SOUS-FAMILLE I : PTÉRYGOPHORÉES	n	2n	AUTEURS
+ HIRAEÉES			
Aspidopterus nutans Juss.		20	FOUËT (1966).
Triaspis odorata Juss.		20	S. et G. MANGENOT (1958).
Triaspis Nelsonii Oliv.		20	RILEY et HOFF (1961).
Tristellateia australis Rich.	9		RAMAN et KESAVAN (1963).
Hiptage Madablota Gaertn.	29		PAL (1964).
		54	FOUËT (1966).
+ BANISTERIÉES			
— SPHEDAMNOCARPINÉES			
Acridocarpus longigolius Hook. f.		18	S. et G. MANGENOT
Acridocarpus Smeathannii Guill. et Perr.		18	S. et G. MANGENOT (1962).
— BANISTÉRIINÉES			
Heteropterys leona Cav.		20	S. et G. MANGENOT (1962).
Banisteria caapi Spruce.		20	BALDWIN (1946).
Banisteria argentea Kth.		20	FOUËT (1966).
Banisteria laevifolia A. Juss.	20		PAL (1964).
Banisteria Riedeliana Regel.		c. 84	FOUET (1966)
Stigmatophyllum ciliatum Lam.		18	SNOAD (non publié, in DARLINGTON et WYLIE).
(= *Stigmaphyllon ciliatum* A. Juss.	10		PAL (1964).
Stimatophyllum lacunosum A. Juss.	10		PAL (1964).
Stigmatophyllum periplocaefolium A. Juss	10		PAL (1964).
SOUS-FAMILLE II : APTÉRYGIÉES			
+ GALPHIMIÉES			
— GALPHIMIINÉES			
Galphimia glauca Cav.		24	FOUËT (1966).
(= *Thryallis glauca* KUNTZ)	12		NANDA (1962).
	12		PAL (1964).
Galphimia nitida (Cult).	12		RAMAN et KESAVAN (1963).
Galphimia gracilis BARTL.		24	FOUËT (1966).
+ MALPIGHIÉES			
— MALPIGHIINÉES			

1. L'ordre suivi est celui de NIEDENZU in ENGLER.

Malpighia punicifolia L.	10		Raman et Kesavan (1963).
Malpighia cubensis Kth.	10		Nanda (1962).
Malpighia coccigera L.	10		Gajapathy (1962).
	10		Pal (1964).
		20	Fouët (1966).
Malpighia glabra L.	20		Pal (1964).
		20	Fouët (1965).
Malpighia urens L.		56	Fouët (1966).
Bunchosia montana Juss.		72	Fouët (1966).
— Byrsonimineés			
Byrsonima crassifolia L.	10		Nanda (1962).
		24	Fouët (1966).

III. NOMBRES DE BASE ET ÉVOLUTION DE LA FAMILLE

Si les Malpighiacées nous ont montré une grande diversité dans leurs structures nucléaires, au contraire les nombres chromosomiques de base paraissent, à première vue, se grouper en trois séries relativement homogènes : $x = 9$, $x = 10$, $x = 12$ [1].

Remarquons que seules vingt-cinq espèces sont à ce jour dénombrées, si nous réunissons nos résultats à ceux déjà publiés. Malgré des données aussi minimes nous essaierons d'envisager les possibilités d'évolution de la famille, en nous appuyant à la fois sur les nombres de base, les travaux d'Arènes [2], les types nucléaires. Cet essai n'a bien entendu qu'une valeur restreinte, indicative et ne peut constituer qu'une hypothèse de travail.

Si nous tenons compte de la liste des nombres chromosomiques, nous pouvons indiquer quelques tendances, signaler les chiffres que l'on rencontre le plus souvent dans le cadre d'une tribu ou d'une sous-tribu, en notant parfois que les nombres chromosomiques varient d'un genre à l'autre, argument en faveur d'une distinction éventuelle; mais que parfois également des genres très éloignés d'un point de vue systématique possèdent des nombres chromosomiques identiques.

D'après S. et G. Mangenot, $x = 9$ et $x = 10$, sont les nombres de base originels, les Malpighiacées étant, selon ces auteurs, une famille

1. Cette hypothèse paraît encore valable, si l'on tient compte du nombre haploïde ($n = 29$) proposé par Pal pour l'*Hiptage Madablota*, nombre que nous n'avons pas retrouvé. En effet 29 n'est surement qu'un nombre de base dérivé, qui pourrait résulter de l'addition par polyploïdie d'équipements $10 + 10 + 9$.

2. Ils convient de remarquer cependant que son système évolutif des Malpighiacées repose sur l'hypothèse de l'existence du continent de Gondwana. Celle-ci mise en cause depuis plus de dix ans, ne paraît pas devoir être actuellement acceptée telle quelle. Sans doute conviendrait-il d'apporter des corrections aux idées d'Arènes dans le domaine de la paléogéographie. Il semble, cependant, possible d'admettre avec lui que les espèces les plus primitives se rencontrent encore aujourd'hui en Amérique du Sud à côté d'autres plus évoluées et que celles propres à l'ancien monde ont également une origine plus récente.

réfractaire à la polyploïdie. Devons-nous penser de même dans le cas où $x = 12$?

Cependant en considérant :

1° — L'origine très ancienne de la famille.

2° — Les vues d'ARÈNES, qui, étudiant les grands mouvements de flores, rattache (surtout d'après les caractères du fruit) les groupes vivants et fossiles de l'Ancien Monde à 5 souches brésiliennes apparentées à des types contemporains : *Paleo Byrsonima*, *Paleo Malpighia*, *Paleo Hiraea*, *Paleo Banisteria*, *Paleo Rhynchophora*.

3° — Les migrations primitives probablement subies dès le tout début du Crétacé, à partir de la souche ancestrale brésilienne vers certains territoires de l'Ancien Monde et engendrant dès cette époque de nombreuses séries phylétiques, susceptibles d'émigrer à leur tour vers de nouvelles régions, soit au Crétacé supérieur, soit au Pliocène.

4° — L'étude des structures nucléaires qui nous a permis de suggérer l'hypothèse d'une évolution dans l'ordre d'apparition des genres; n'est-il pas possible de concevoir que la famille des Malpighiacées, une fois la dispersion de ses lignées effectuée, a déjà été l'objet d'un processus évolutif?

Si nous admettons cette hypothèse d'une évolution de la famille au moment de ses migrations, les nombres de base $x = 9$, $x = 10$, et $x = 12$ ne doivent peut-être plus être considérés comme des nombres de base originels?

N'est-il pas possible de penser que les mécanismes de l'évolution tendant fréquemment à augmenter le nombre des chromosomes ont joué? Les nombres $x = 9$, $x = 10$ et $x = 12$, dans ce cas devraient être envisagés non comme des nombres de base originels, mais comme des nombres de base dérivés. Que pouvons-nous alors imaginer à l'origine de la famille?

L'étude des structures nucléaires suggère que la tribu des Galphimiées peut être considérée comme la plus proche du type ancestral en raison de ses nombreux caractères archaïques. Les dénombrements chromosomiques d'une remarquable homogénéité, nous montrent 24 chromosomes chez les trois espèces appartenant à cette tribu.

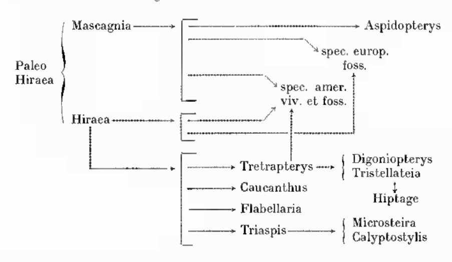
Nous avons évoqué à propos du *Galphimia glauca*, l'existence d'un phénomène possible d'hexaploïdie, qui nous permettrait d'admettre $x = 4$ comme nombre de base originel. Avec FAVARGER, n'est-il pas permis de considérer les représentants de la tribu des Galphimiées comme des paléopolyploïdes dont les ancêtres à $2n$ auraient disparu?

Si, à l'origine de la famille, nous imaginons des espèces ancestrales où le nombre de base est égal à 4, essayons d'expliquer la présence des nombres de base dérivés $x = 9$, $x = 10$ et $x = 12$.

Les Galphimiées nous ayant montré des chromosomes « gigantesques », peut-être peut-on admettre qu'au cours d'un cycle mitotique, l'un de ces chromosomes se trouve éliminé. De telles anomalies produisant des divisions non équationnelles qui engendrent des espèces où $x = 3$ et $x = 5$.

Dès la fin du Crétacé à partir de trois nombres d'origine $x = 4$, $x = 3$ et $x = 5$, ne pouvons-nous pas admettre la possibilité d'espèces hybrides où : $x = 7$ $(4 + 3)$, $x = 8$ $(4 + 4)$ ou $(3 + 5)$, $x = 9$ $(4 + 5)$, $x = 10$ $(5 + 5)$? De telles espèces ne seraient déjà plus primitives, mais le résultat d'un phénomène de polyploïdie; nous pourrions les définir comme des amphiploïdes, caractérisés par l'addition de deux équipements chromosomiques propres à deux souches distinctes. Ces hybrides se seraient stabilisés et maintenus jusqu'à l'époque actuelle, ce qui expliquerait les nombres diploïdes déjà connus $2n = 18$ et $2n = 20$; ou bien auraient donné naissance, par une reprise d'une phase évolutive, à des espèces hautement polyploïdes telles que : l'*Hiptage Madablota*, $2n = 54$, qui apparaît comme un hexaploïde de base dérivé $x = 9$ [1]; le *Malpighia urens*, $2n = 56$, que nous pouvons considérer comme un octoploïde de base $x = 7$. De même le *Banisteria Riedeliana*, $2n = c.84$, semble admettre $x = 7$ comme nombre de base dérivé et serait un dodécaploïde.

Une remarque s'impose à propos de la tribu des Hiraeées. Nous avons souligné, en nous référant aux travaux d'Arènes, que cette tribu dérive d'une souche primitive dite *Paleo Hiraea*. Celle-ci aurait engendré deux grandes séries phylétiques dont les lignées se seraient répandues sur l'Ancien Continent, et dont le tableau suivant, publié par cet auteur, résume la filiation des genres subordonnés à cette souche.



Cet auteur souligne que « le passage du genre *Tristellateia*, type ancestral d'Afrique, de Madagascar et des Mascareignes, à samare tétraptère et dépourvue d'aile médiane inférieure, à la souche des *Hiptage* correspondrait, carpologiquement, au développement d'une aile médiane

1. Ou résultant de l'addition des équipements $10 + 10 + 7$, si l'on en juge d'après les résultats de PAL.

Schéma II


nombres de base dérivés
12
7
3
4
5
9
10
10
9 8 7
nombres de
base d'origine
5 4 3
+1?
-1?
ancêtres?

supérieure et à la transformation en aile unique de chaque paire d'ailes latérales ».

Les dénombrements chromosomiques semblent confirmer cette manière de voir, puisque les deux genres *Tristellateia* et *Hiptage* possèdent le même nombre de base $x = 9$, ce qui laisse supposer une filiation possible.

Il est bon de signaler que seule la tribu des Malpighiées nous permet d'observer, avec les genres *Bunchosia* et *Byrsonima*, des séries où nous pouvons nous attendre à rencontrer le nombre de base dérivé $x = 12$. Ces deux genres sont typiquement américains, ils se sont maintenus au cours des temps dans l'aire de répartition de la famille. Le *Byrsonima crassifolia*, avec ses 24 chromosomes, est vraisemblablement une espèce diploïde, où nous retrouverons le nombre de base dérivé $x = 12$. Cependant, ce nombre dérivé peut être la base de départ d'une reprise possible d'un processus évolutif. S'il en est ainsi, peut-être devons-nous actuellement le considérer comme un nombre de base réel, capable de produire de nouvelles espèces hautement popyloïdes telles que le *Bunchosia montana* qui, avec ses 72 chromosomes, nous apparaît comme un hexaploïde de base 12.

Nous pouvons maintenant, à l'aide du schéma II précédent, résumer les diverses hypothèses que nous avons émises à propos des nombres de base. L'enchaînement d'un tel système est purement hypothétique, étant donné les résultats trop restreints dont nous disposions; cependant il pourrait être le point de départ de recherches nouvelles qui contribueraient à une connaissance plus complète et plus approfondie d'une si intéressante famille, à propos de laquelle il reste encore beaucoup de questions à résoudre.

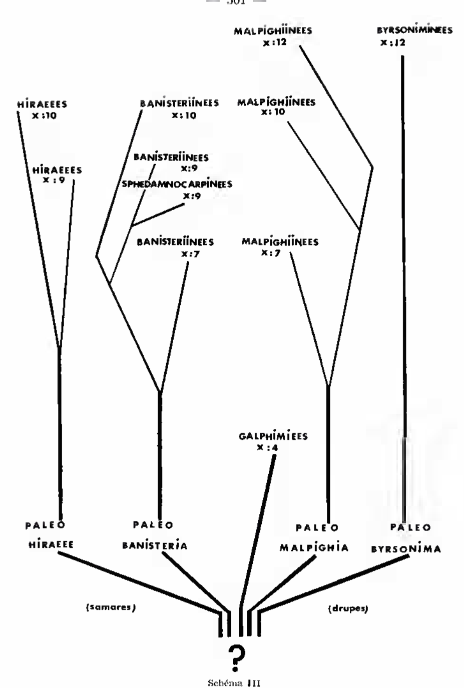
Voyons maintenant comment envisager l'évolution des différentes tribus en tenant compte des nombres de base que nous venons de définir, et en nous appuyant sur le critère principal de la classification qui distingue les deux sous-familles d'après le caractère du fruit. Cette évolution est illustrée par le schéma III.

Ce schéma nous permet de reprendre les hypothèses émises au sujet des nombres de base, il n'est qu'une application aux tribus ou sous-tribus dont nous avons observé quelques représentants.

Ne faisant intervenir comme critère systématique que la notion de nombre chromosomique de base, et attribuant à ce nombre une signification évolutive, nous remarquons qu'à notre connaissance les nombres $x = 3$ et $x = 5$, supposés d'origine, ne sont pas déterminés chez les espèces étudiées. Les espèces où nous avons dénombré vingt chromosomes ne montrent pas de figures classiques de tétraploïdie, soit des groupements par quatre de chromosomes métaphasiques, aussi leur avons-nous attribué le nombre dérivé $x = 10$.

Seule la tribu des Galphimiées semble devoir posséder un nombre de base originel $x = 4$; à l'heure actuelle elle doit être considérée comme le groupe le plus primitif.

Toutes les autres tribus ou sous-tribus montrent des séries où $x = 7$,



MALPIGHIINEES
x:12
BYRSONIMINEES
x:12
HIRAEEES
x:10
BANISTERIINEES
x:10
MALPIGHIINEES
x:10
BANISTERIINEES
x:9
HIRAEEES
x:9
SPHEDAMNOCARPINEES
x:9
BANISTERIINEES
x:7
MALPIGHIINEES
x:7
GALPHIMIEES
x:4
PALEO
HIRAEEE
PALEO
BANISTERIA
PALEO
MALPIGHIA
PALEO
BYRSONIMA
(samares)
(drupes)
?

Schéma III

9, 10, 12, mais nos recherches ne nous permettent pas de préciser le nombre dérivé $x = 8$.

Ainsi que nous le remarquions, à propos du schéma précédemment donné, qui résume l'évolution mise en évidence en se basant sur les structures nucléaires, il semble y avoir également, au sujet des nombres de base, une évolution parallèle dans les deux sous-familles.

Nous avons admis pour la « série samare » $x = 7$ avec les Banistériinées, $x = 9$ avec les Hiraeées, Banistériinées, Sphédamnocarpinées et $x = 10$ avec les Hiraeées et les Banistériinées, nombres de base dérivés ou secondairement primitifs.

La « série drupe » nous permet d'illustrer les nombres $x = 7$ et $x = 10$ avec les Malpighiinées, $x = 12$, point de départ probable d'une nouvelle évolution, avec les Malpighiinées et les Byrsoniminées. Il faut noter que $x = 9$ ne s'observe que chez les Ptérygophorées à samares, et $x = 12$ chez les Aptérygiées à drupes. La sous-famille II serait donc plus évoluée que la sous-famille I.

Peut-être serait-il intéressant d'établir une comparaison entre les données de la systématique classique de la famille qui se base sur des critères purement morphologiques, et les deux classifications que nous avons proposées en tenant compte uniquement de nos résultats caryologiques : structures nucléaires et nombres de base. L'ordre de succession des tribus tel qu'il se dégage de la systématique nous servira de plan.

PTÉRYGOPHORÉES : SOUS-FAMILLE I.

1° Hiraeées

Cette tribu est représentée en Afrique tropicale, à Madagascar, et en Asie tropicale. Elle paraît être, avec les genres étudiés : *Aspidopterys* et *Hiptage*, comme d'apparition relativement récente. L'étude des structures nucléaires nous montre avec l'*Aspidopterys* le degré d'évolution le plus élevé. Les nombres de base $x = 9$ et $x = 10$ nous permettent d'envisager deux séries. Nous avons précisé les vues d'Arènes au sujet d'une filiation possible entre les genres *Tristellateia* et *Hiptage*, qui, par leur nombre de base, semblent s'opposer aux autres genres de cette tribu.

2° Banistériées

a) *Sphédamnocarpinées.*

Seul le genre *Acridocarpus* typiquement africain et malgache est étudié; aucune indication n'est donnée à l'heure actuelle au sujet de sa structure nucléaire; le nombre de base d'après S. et G. Mangenot est égal à 9.

b) *Banistériinées.*

De cette sous-tribu, répartie en Amérique du Sud et en Amérique centrale, une seule espèce l'*Heteropterys africana* se trouve en Afrique occidentale mais nous ne possédons aucun renseignement à son sujet.

Chez les *Banisteria*, il nous semble possible de concevoir une évolution à l'intérieur de ce genre; nous avons admis en effet comme nombres de base $x = 7$, $x = 9$, $x = 10$. Si l'on considère les deux *Banisteria* que nous avons observés, nos résultats confirment la classification morphologique. Le *Banisteria Riedeliana* appartient au sous-genre I : *Hemiramma*, le noyau euréticulé, le nombre de base $x = 7$ lui confèrent des caractères plus primitifs qu'au *B. argentea* classé dans le sous-genre II : *Eubanisteria*, et chez qui la structure nucléaire est semi-réticulée, le nombre de base égal à 10.

APTÉRYGIÉES : SOUS-FAMILLE II.

3° Galphimiées

Cette tribu, typiquement américaine, s'est maintenue au cours des temps dans l'aire de dispersion primitive de la famille. Elle nous apparaît quant à sa structure nucléaire, quant à son nombre de base $x = 4$, comme le groupe le plus primitif. Doit-on considérer, avec Furon, cette tribu comme une « relique » c'est-à-dire une collection d'espèces survivant à une lignée ancienne, sorte de « fossiles vivants » dont l'aire de dispersion est relativement réduite?

4° Malpighiées.

a) *Malpighiinées.*

Il semble y avoir une opposition fondamentale entre les deux genres étudiés, *Malpighia* et *Bunchosia*. Les *Malpighia* aréticulés à chromocentres multiples, nous apparaissent comme possédant des caractères nucléaires relativement archaïques. Le *Malpighia urens*, chez qui le nombre de base est égal à 7, est peut-être l'espèce la plus primitive, si nous la comparons avec les autres *Malpighia* pour qui $x = 10$.

Le genre *Bunchosia* montre une évolution incontestable par rapport au genre *Malpighia*. Sa structure nucléaire euréticulée lui confère un caractère relativement plus évolué, mais surtout son nombre de base $x = 12$ suggère une reprise éventuelle d'un processus évolutif accompagnant un fort degré de polyploïdie.

b) *Byrsoniminées.*

Nos résultats sont en accord avec la classification; le *Byrsonima crassifolia* nous montre un exemple d'espèce très évoluée dans le cadre de la famille de par son nombre de base $x = 12$, et sa structure nucléaire semi-réticulée typique.

*
* *

Toutefois, étant donné le trop petit nombre de nos résultats, cette tentative de synthèse n'est encore qu'un essai. Il serait souhaitable que soit entreprise une étude plus détaillée et surtout plus complète de l'ensemble des Malpighiacées.

Bibliographie

Archambault, G. — Mitose somatique du Victoria Regia. Rev. Cytol. et Cytophysiol. végét. **3** : 142-152 (1938).

Arènes, J. — Essai sur le peuplement en Malpighiacées de l'Ile de Madagascar et des régions Tropicales Asiatiques et Océaniennes. Mém. Soc. Biogéo. **1** : 43-64 (1948).

— Répartition géographique des Malpighiacées vivantes et fossiles. C.R. Som. Séanc. Biogéo. **290** : 81-109 (1959).

Baillon, H. — Histoire des Plantes. Monographie des Geraniacées. Hachette édit., Paris (1873).

Baldwin, J.T. — *Banisteria caapi* : its chromosomes. Bull. Torrey. Bot. Club **73** 282-286 (1946)

Darlington, C.D. & Janaki Ammal, E.K. — Chromosome atlas of cultivated plants. Allen et Unwin L.T.D. édit., Londres (1945).

Darlington, C.D. & Wylie, A.P. — Chromosome atlas of flowering plants. Allen et Unwin L.T.D. édit., Londres (1955).

Delay, C. — Sur le noyau des Lycopodiales. Bull. Soc. Bot. France **88** : 458 (1941)

— Recherches sur la structure des noyaux quiescents chez les Phanérogammes. Rev. Cytol. et Cytophysiol. végét. **9** : 169-222 et **10** : 103-228 (1946-1948).

Eichhorn, A. — Recherches caryologiques comparées chez les Angiospermes et les Gymnospermes. Arch. de Bot. **5**, Mémoire 2.

— Nouvelle contribution à l'étude caryologique des Palmiers. Rev. Cytol. et Biol. végét. **18** : 139-151 (1957).

Emberger, L. — Les Végétaux Vasculaires in Chadefaud et Emberger. Traité de Botanique. 2, Masson édit., Paris (1960).

Favarger C. — Recherches caryologiques sur la sous-famille des Silénoïdes. Bull. Soc. Bot. Suisse. **56** : 365-446 (1946).

— Sur l'emploi des nombres de chromosomes en géographie Botanique Historique. Ber. d. Geob. d. Etdg. Tech. Hochschule, Stiftung Rubel **32** : 119-146 (1960).

Furon, R. — Causes de la répartition des êtres vivants. Evol. des Sciences, Masson edit. Paris (1958).

Gajapathy ,C. — Cytological observations in some Dicotyledons. Sci. and Cult. **28** : 375-376 (1962).

Gaussen, H. — L'évolution pseudocyclique. Ann. Biol. **28** : 207-225 (1952).

Gosselin, L. — Étude des noyaux interphasiques et quiescents chez les Végétaux Rev. d'Oka **21** et **22**, 1 : 7-280 (1947).

Hamel, J.L. — Contribution à l'étude cyto-taxinomique des Saxifragacées. Rev. Cytol. et Biol. végét. **14** : 113-313 (1953).

— Étude caryologique de quelques *Eryngium*. Bull. Soc. bot. France **202** : 488-502 (1955).

Hutchinson, J. — The families of flowering plants. I. Dicotyledons 2e édit., Oxford University Press. edit., Londres (1959).

Jussieu, A. de — Monographie des Malpighiacées (1843).

Lawrence, G.H.M. — Taxonomy of Vascular Plants. The Mac Millan Cy édit., Londres (1955).

Le Coq, C. — Contribution à l'étude cyto-taxinomique des Moracées et des Urticacées. Rev. gén. Bot. **70** : 385-426 (1963).

Mangenot, S. et G. — Enquête sur les nombres chromosomiques dans une collection d'espèces Tropicales. Rev. Cytol. et Biol. végét. **25** : 411-447 (1962).

Melchior, H. — *Malpighiaceae* in A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien. 11 : 262-277 (1964).

Nanda, P.C. — Chromosome numbers of some trees and shrubs. Jour. Ind. Bot. Soc. **41** : 271-277 (1962).

Niedenzu, F. — *Malpighiaceae* in Engler : Das Pflanzenreich, **4**, 141-870 (1928).

Pal, M. — Chromosome numbers in some Indian Angiosperms. J. Proc. Ind. Acad. Sc. **60**, B, 347-351 (1964).

Poucques, M. L. de — Recherches caryologiques sur les Rubiales. Rev. gén. Bot. **56** : 5-27, 74-138, 172-188 (1949).

Raman, V.S. et Kesavan, P.C. — Chromosome numbers of some Dicotyledons: Sci. and Cult. **29** : 413-414 (1963).

Riley, H P. et Hoff, V.J. — Chromosome studies in some south African Dicotyledons. Canad. Jour. Genet. Cyt. **3** : 260-271 (1961).